

TUGAS AKHIR

**STUDI KARAKTERISTIK PERGERAKAN PEJALAN KAKI
DI *PEDESTRIAN ROAD* LAPANGAN MERDEKA,
PEMATANG SIANTAR
(*Studi Kasus*)**

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

Disusun Oleh:

TRIANEZKI HARAHAP
1407210250



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Trianezki Harahap

NPM : 1407210250

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Studi Karakteristik pergerakan pejalan kaki di *pedestrian road*, Pematang Siantar

Bidang Ilmu : Transportasi

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

Medan, September 2018

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji



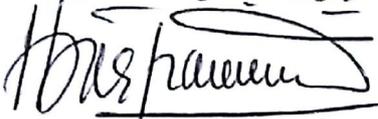
(Hj. Irma Dewi, S.T, M.Si)

Dosen Pembimbing II / Penguji



(Ir. Zurkiyah, M.T)

Dosen Pembanding I / Penguji



(Ir. Sri Asfiati, M.T)

Dosen Pembanding II / Penguji



(Dr. Fahrizal Zulkarnain)



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Trianezki Harahap

Tempat /Tanggal Lahir: Panei Tongah /11 Januari 1997

NPM : 1407210250

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil

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

“Studi Karakteristik Pergerakan Pejalan Kaki di *pedestrian road* Lapangan Merdeka, Pematang Siantar”.

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

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

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

Medan, September 2018

Saya yang menyatakan,



Trianezki Harahap

ABSTRAK

STUDI KARAKTERISTIK PERGERAKAN PEJALAN KAKI DI PEDESTRIAN ROAD LAPANGAN MERDEKA, PEMATANG SIANTAR

Trianezki Harahap

1407210250

Hj. Irma Dewi, S.T, M.Si

Ir. Zurkiyah, M.T

Pada dasarnya kinerja lalu lintas pejalan kaki diekspresikan dengan cara yang mirip dengan ekspresi kinerja lalu lintas kendaraan yaitu dengan arus, kecepatan, dan kepadatan yang saling berhubungan. Pada studi kasus kali ini mengambil lokasi di *pedestrian road* lapangan Merdeka, Pematang Siantar. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik pejalan kaki, bagaimana hubungan antara kecepatan, arus, kepadatan, dan ruang dikawasan tersebut. Selain itu untuk mengetahui besarnya kapasitas dan *Level of service (LOS)* apakah masih bisa menampung jumlah pejalan kaki yang ada. Metode penelitian dalam studi kasus ini menggunakan metode survei dan analisis. Metode survei menggunakan teknik manual dalam pengamatan dan pengambilan data di lapangan. Sedangkan metode analisis yakni menggunakan metode Greenshield, Greenberg, dan Underwood. Hasil analisis menunjukkan bahwa variabel max adalah sebagai berikut: Greenshield, $D_m = 1193,9$ peds/m², $V_m = 323,3$ m/min, $Q_m = 385808,8$ peds/min/m. Greenberg, $D_m = 0,37$ peds/m², $V_m = 125.10^5$ m/min, $Q_m = 4625.10^3$ m/min. Underwood, $D_m = 0,0013$ peds/m², $V_m = 765,09$ m/min, $Q_m = 0,99$ m/min. Sedangkan tingkat pelayanan termasuk tingkat "A". Dengan menggunakan metode Greenshield dan Greenberg didapat nilai korelasi (r) = 0,39.

Kata kunci: kepadatan, kecepatan, pejalan kaki

ABSTRACT

STUDY OF CHARACTERISTIC MOVEMENT IN PEDESTRIANS ROAD MERDEKA FIELD, PEMATANG SIANTAR

Trianezki Harahap
1407210250

Hj. Irma Dewi, S.T, M.Si
Ir. Zurkiyah, M.T

Basically pedestrian traffic performance is expressed in a way similiar to the expression performance of vehicle traffic that is by flow, speed and density are interreleted. In this research takes place in pedestrians road Merdeka Field, Pematang Siantar. This research was conducted to determine the characteristics of pedestrians, how the relationship between velocity speed, flow, density and space in the ragion. In addition to knowing the capacity and level of service (LOS) is still able to accommodate quantity of existing pedestrian. Reasearch methods in this study using survey and analysis methods. Survey method is by using manual techniques in obsevation and data collection in the field. While the analysis method by using the method Greenshield, Greenberg and Underwood. The results showed that maximum variabel are: Greenshield, $D_m = 1193,9 \text{ peds/m}^2$, $V_m = 323,3 \text{ m/min}$, $Q_m = 385808,8 \text{ peds/min/m}$. Greenberg, $D_m = 0,37 \text{ peds/m}^2$, $V_m = 125.10^5 \text{ m/min}$, $Q_m = 4625.10^3 \text{ m/min}$. Underwood, $D_m = 0,0013 \text{ peds/m}^2$, $V_m = 765,09 \text{ m/min}$, $Q_m = 0,99 \text{ m/min}$. While the level of service including service level "A". With using Greenshield and Greenberg method be obtained value of correlation (r) = 0,39.

Keywods: density, speed, pedestrian

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 “Studi Karakteristik Pergerakan Pejalan Kaki di *Pedestrian Road*, Lapangan Merdeka Pematang Siantar” 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 terima kasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Ibu Hj. Irma Dewi, S.T, M.Si selaku Dosen Pembimbing I dan sekaligus Sekretaris Prodi yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Ir. Zurkiyah, M.T selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Ir. Sri Asfiati, M.T selaku Dosen Pembimbing I dan penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain selaku Dosen Pembimbing II dan sekaligus Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar ST, M.Sc 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 keteknik sipil kepada penulis.
7. Kedua Orang tua penulis tersayang Umar Fauzi Harahap dan Setia Waty Siregar yang selalu berdoa, berjuang dan memberikan segala yang terbaik dan

kasih sayang yang begitu besar bagi penulis dan kakak-kakakku Nur Hamida Hrp, A.md, Neni Herliana Hrp, S.Pd, A. Q. Azis Prawira Hrp, A.md, Amrur Rois Hrp, S.P, juga adikku Nafizah Khoiriah Hrp.

8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Sahabat-sahabat penulis: Fahrul Rozi, Armi Yanti, Lidya M. Sari, S.Ked, Dewi Sri Rahayu S.T, Hidayati, Siti Dasopang Hasibuan, Radhiatul Adawiyah Siregar, Aidita Febria, Rimeiza Atika S, Muhammad Naufal, Mariani S.Pd, Sriani A.md, Novilia, Akbar Pramana, A.md. juga semua teman-teman Teknik Sipil angkatan 2014 terkhusus teman-teman C1 pagi yang tidak bisa disebutkan satu persatu, Semoga Allah SWT memberi balasan atas segala bantuan yang diberikan.

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. Akhir kata semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Medan, September 2018

Trianezki Harahap

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB 2 LANDASAN TEORI	
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.2 Dasar Teori	8
2.2.1 Karakteristik Pejalan Kaki	8
2.2.2 Hubungan Antar Variabel Pergerakan Pejalan Kaki	11
2.2.2.1 Model Greenshield	11
2.2.2.2 Model Greenberg	13
2.2.2.3 Model Underwood	15
2.2.3 Analisis Regresi Linier	16

2.2.4 Koefisien Korelasi	19
2.2.5 Kapasitas dan Tingkat Pelayanan	20
2.2.5.1 Kapasitas	20
2.2.5.2 Tingkat Pelayanan	22
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Bagan Alir Penelitian	26
3.2 Variabel Yang di Ukur	27
3.3 Lokasi Penelitian	27
3.4 Tenaga Survei	28
3.5 Peralatan	29
3.6 Tahapan Penelitian	30
3.6.1 Survei Penelitian	30
3.6.2 Menentukan Latar Belakang dan Batasan Masalah	31
3.6.3 Studi Literatur	31
3.6.4 Pengumpulan Data	31
3.6.5 Analisa Data dan Pembahasan	32
3.6.6 Kesimpulan dan Saran	32
BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	
4.1 Perhitungan dan Penyajian Data	34
4.1.1 Perhitungan Data Arus <i>Pedestrian</i>	34
4.1.2 Perhitungan Data Kecepatan <i>Pedestrian</i>	36
4.1.2.1 Kecepatan Rata-Rata Ruang	37
4.1.3 Perhitungan Data Kepadatan <i>Pedestrian</i>	39
4.1.4 Perhitungan Data Ruang (<i>Space</i>) <i>Pedestrian</i>	40
4.2 Hubungan Antar Variabel	41
4.2.1 Perhitungan Metode Greenshield	41
4.2.1.1 Hubungan Antara Kecepatan dan Kepadatan	41
4.2.1.2 Hubungan Antara Arus (<i>Flow</i>) dengan Kepadatan	44
4.2.1.3 Hubungan Antara Arus (<i>Flow</i>) dengan Kecepatan	45

4.2.1.4 Variabel Arus (<i>Flow</i>) Maksimum <i>Pedestrian</i>	46
4.2.1.5 Kapasitas Ruas Jalan	46
4.2.2 Perhitungan Metode Greenberg	47
4.2.2.1 Hubungan Antara Kecepatan dan Kepadatan	47
4.2.2.2 Hubungan Antara Arus (<i>Flow</i>) dengan Kepadatan	49
4.2.2.3 Hubungan Antara Arus (<i>Flow</i>) dengan Kecepatan	50
4.2.2.4 Variabel Arus (<i>Flow</i>) Maksimum <i>Pedestrian</i>	51
4.2.2.5 Kapasitas Ruas Jalan Pengamatan	52
4.2.3 Perhitungan Metode Underwood	53
4.2.3.1 Hubungan Antara Kecepatan dan Kepadatan	53
4.2.3.2 Hubungan Antara Arus (<i>Flow</i>) dengan Kepadatan	55
4.2.3.3 Hubungan Antara Arus (<i>Flow</i>) dengan Kecepatan	56
4.2.3.4 Variabel Arus (<i>Flow</i>) Maksimum <i>Pedestrian</i>	57
4.2.3.5 Kapasitas Ruas Jalan Pengamatan	58
4.3 Tingkat Pelayanan	58
4.4 Pembahasan	59
BAB 5 KESIMPULAN	
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tingkat pelayanan trotoar	6
Tabel 2.2	Rangkuman Pers. tiga model	16
Tabel 2.3	Rangkuman Penurunan Greenshield	18
Tabel 2.4	Rangkuman Penurunan Greenberg	18
Tabel 2.5	Rangkuman Penurunan Underwood	19
Tabel 2.6	Tingkat Pelayanan <i>Pedestrian</i>	23
Tabel 2.7	Ilustrasi Tingkat Pelayanan Fasilitas <i>Pedestrian</i>	22
Tabel 3.1	Kelompok <i>Surveyor</i>	29
Tabel 3.2	Lembar Kerja Pejalan Kaki di <i>Pedestrian Road</i> Lapangan Merdeka, Pematang Siantar	29
Tabel 3.3	Jumlah Pejalan Kaki Pada Hari Puncak	31
Tabel 4.1	Perhitungan Jumlah <i>Pedestrian</i>	34
Tabel 4.2	Perhitungan Arus Pejalan Kaki	36
Tabel 4.3	Perhitungan Kecepatan Rata-Rata Ruang (Vs)	38
Tabel 4.4	Kepadatan <i>Pedestrian</i>	39
Tabel 4.5	Perhitungan Ruang (<i>Space</i>) <i>Pedestrian</i>	40
Tabel 4.6	Hasil Perhitungan Regresi Linier	42
Tabel 4.7	Ringkasan Hubungan Antar Variabel Menurut Metode Greenshield	47
Tabel 4.8	Hasil Perhitungan Regresi Linier	47
Tabel 4.9	Ringkasan Hubungan Antar Variabel Menurut Metode Greenberg	52
Tabel 4.10	Hasil Perhitungan Regresi Linie	53
Tabel 4.11	Ringkasan Hubungan Antar Variabel Menurut Metode Underwood	58
Tabel 4.12	Rangkuman Hasil Perhitungan Variabel	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Hubungan Antara Volume, Kecepatan dan Kepadatan	8
Gambar 2.2	Model Greenshiel	13
Gambar 2.3	Model Greenberg	14
Gambar 2.4	Model Underwood	16
Gambar 3.1	Bagan Alir Pengerjaan	26
Gambar 3.2	Denah Lokasi Penelitian	28
Gambar 4.1	Grafik Hubungan Kecepatan dan Kepadatan	43
Gambar 4.2	Grafik Hubungan Arus dan Kepadatan	44
Gambar 4.3	Grafik Hubungan Kecepatan dan Arus	45
Gambar 4.4	Grafik Hubungan Antara Kecepatan dan Kepadatan	49
Gambar 4.5	Grafik Hubungan Arus dan Kepadatan	50
Gambar 4.6	Grafik Hubungan Arus dengan Kecepatan	51
Gambar 4.7	Grafik Hubungan Kecepatan dan Kepadatan	55
Gambar 4.8	Grafik Hubungan Arus dan Kepadatan	56
Gambar 4.9	Grafik Hubungan Arus dan Kecepatan	57

DAFTAR NOTASI

a	: Bilangan konstan
b	: Koefisien regresi
D	: Kepadatan (<i>pedestrian/m²</i>)
D _j	: Jam density, kepadatan pada saat jam macet (<i>pedestrian/m²</i>)
D _m	: Kepadatan maksimum pada saat arus (<i>flow</i>) maksimum (<i>pedestrian/m²</i>)
D ₅	: Kepadatan saat arus 5 menit yang terbesar (<i>pedestrian/m²</i>)
L	: Panjang penggal trotoar pengamatan, (m)
N	: Jumlah pejalan kaki yang lewat permeter
n	: Jumlah data yang diamati
N _m	: Jumlah pejalan kaki maksimum yang lewat pada interval 5 menit
Q	: Arus (<i>flow</i>) pejalan kaki (<i>pedestrian/menit/m</i>)
Q _m	: Arus (<i>flow</i>) maksimum (<i>pedestrian/menit/m</i>)
Q ₅	: Arus (<i>flow</i>) pejalan kaki pada interval 5 menit yang terbesar (<i>pedestrian/menit/m</i>)
r	: Koefisien korelasi
S	: Ruang pejalan kaki, (<i>m²/pedestrian</i>)
S ₅	: Ruang pejalan kaki pada saat arus 5 menit yang terbesar, (<i>m²/pedestrian</i>)
T	: Waktu pengamatan (menit)
t	: Waktu tempuh pejalan kaki yang melewati trotoar pengamatan (detik)
V _i	: Kecepatan tiap pejalan kaki yang diamati, (m/min)
V _f	: Kecepatan pada saat arus bebas, (m/min)
V _s	: Kecepatan rata-rata ruang, (m/min)
V _t	: Kecepatan rata-rata waktu, (m/min)
V _m	: Kecepatan pada saat arus maksimum, (m/min)
WE	: Lebar efektif, (meter)
X	: Variabel bebas
Y	: Variabel terikat

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalur pejalan kaki (*pedestrian line*) menurut Peraturan Presiden No. 43 tahun 1993 tentang prasarana jalan Bag. VII pasal 39 adalah termasuk fasilitas pendukung yaitu fasilitas yang disediakan untuk mendukung kegiatan lalu lintas dan angkutan jalan baik yang berada di badan jalan maupun yang berada di luar badan jalan, dalam rangka keselamatan, keamanan, ketertiban dan kelancaran lalu lintas serta memberikan kemudahan bagi pemakai jalan. Dalam hal ini fasilitas pejalan kaki yang dimaksud adalah trotoar, tempat penyebrangan yang dinyatakan dengan marka jalan dan/atau rambu-rambu, jembatan penyebrangan dan terowongan penyebrangan (PP No.43 : 1993).

Para pejalan kaki berada pada posisi yang lemah jika bercampur dengan kendaraan, maka mereka akan memperlambat arus lalu lintas. Oleh karena itu, salah satu tujuan utama dari manajemen lalu lintas adalah untuk memisahkan pejalan kaki dan arus kendaraan bermotor, tanpa menimbulkan gangguan-gangguan yang besar terhadap aksesibilitas dengan pembangunan trotoar. Perlu tidaknya trotoar dapat diidentifikasi oleh volume para pejalan kaki yang berada di jalan, tingkat kecelakaan antara kendaraan dengan pejalan kaki dan pengaduan atau permintaan masyarakat.

Pematang Siantar merupakan salah satu kota dengan aktivitas harian dan tingkat kepadatan penduduk cukup tinggi. Dengan demikian salah satu dukungan yang paling prioritas diperlukan dalam proses penjangkauan antara satu tempat dengan tempat lainnya adalah adanya sarana dan prasarana jalan yang memadai. Salah satu area yang sering digunakan oleh masyarakat pematang siantar adalah Lapangan Merdeka atau dahulu disebut dengan Taman Bunga. Kawasan ini merupakan pusat taman kota yang sering dikunjungi oleh masyarakat sekitar.

Konsep *Level Of service* (LOS) awalnya digunakan untuk menentukan tingkat kenyamanan kendaraan bermotor di jalan raya. Konsep ini juga dapat digunakan sebagai dasar standart untuk perencanaan ruang *pedestrian*, dimana

akan menggambarkan tingkat kebebasan untuk memilih kecepatan berjalan, kemampuan untuk melewati pejalan *pedestrian* yang lain serta kemudahan dalam pergerakan persilangan dan berbalik arah pada berbagai pemusatan lalu lintas *pedestrian*. *Pedstrian* merupakan salah satu sistem dari bermacam-macam jenis sistem transportasi, maka dari itu keberadaanya perlu dilakukan suatu studi.

Penelitian ini mengambil studi kasus di *pedestrian road* Lapangan Merdeka, Pematang Siantar, dengan pertimbangan tempat ini merupakan salah satu tempat yang paling banyak dikunjungi oleh masyarakat setempat. Dengan banyaknya pengunjung secara fungsional trotoar menjadi salah satu fasilitas yang banyak digunakan. Sehingga lokasi ini dianggap signifikan dan reprintsintatif untuk dilakukan suatu penelitian mengenai studi kenyamanan pejalan kaki terhadap pemanfaatan fasilitas jalur trotoar yang sudah tersedia.

Pada studi ini teori kapasitas dan tingkat pejalan kaki digunakan tiga metode pendekatan yaitu Metode *Greenshield*, *Greenberg*, dan *Underwood*. Ketiga pendekatan digunakan karena metode yang memenuhi standart perhitungan arus pengguna jalan dan juga digunakan untuk membandingkan hasil karakteristik tiap metode modelnya sehingga mendapat hasil yang optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang sebagaimana disajikan diatas, maka permasalahan yang diperlukan untuk kajian adalah:

1. Karakteristik Pedestrian.
 - a. Bagaimana karakteristik pergerakan pejalan kaki, di trotoar Lapangan Merdeka, Pematang Siantar?
 - b. Bagaimana hubungan variabel pergerakan pejalan kaki di trotoar Lapangan Merdeka, Pematang Siantar?
2. Bagaimana perbandingan nilai hasil koefisien kolerasi (r) dari tiga metode yang digunakan ?
3. Bagaimana kapasitas dan tingkat pelayanan pejalan kaki di trotoar Lapangan Merdeka, Pematang Siantar?

1.3 Ruang Lingkup

Agar penelitian ini tidak terlalu luas tinjauannya dan tidak menyimpang dari rumusan masalah diatas, maka perlu adanya pembatasan masalah yang ditinjau. Batasan – batasan masalah yang diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian berlokasi di sepanjang trotoar Lapangan Merdeka, jln. Merdeka, Pematangsiantar
2. Metode yang digunakan adalah metode *Greenshield*, *Greenberg*, dan *Underwood*.
3. Waktu tempuh pejalan kaki yang diteliti berdasarkan pejalan kaki yang berjalan normal.
4. Pengambilan data dilakukan selama seminggu, untuk mengetahui jumlah puncak pejalan kaki. Cara pendataan dilakukan dengan teknik manual.
5. Standart LOS (*Level Of Service*) berdasarkan *Highway Capacity Manual* 1985.
6. Penentuan tingkat pelayanan dihitung dengan dua cara:
 - a. Arus (*flow*) pejalan kaki interval 15 menit yang terbesar.
 - b. Ruang (*space*) untuk pejalan kaki pada arus 15 menit yang terbesar.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitan ini adalah sebagai berikut:

1. Karakteristik Pejalan kaki
 - a. Untuk mengetahui karakteristik pergerakan pejalan kaki yaitu arus (*flow*), kecepatan (*speed*), kepadatan (*density*) di trotoar Lapangan Merdeka, Pematang Siantar.
 - b. Untuk mengetahui hubungan variabel pergerakan pejalan kaki di trotoar lapangan Merdeka, Pematang Siantar.
2. Untuk mengetahui nilai hasil kolerasi (r) dari tiga metode yang berbeda (*Greenshields*, *Greenberg*, dan *Underwood*) dan diambil nilai yang paling cocok antara data dengan metode tersebut.

3. Mengetahui kapasitas dan tingkat pelayanan pejalan kaki di *pedestrian road* Lapangan Merdeka, Pematang Siantar.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui tingkat pelayanan fasilitas pejalan kaki, terkhusus di Lapangan merdeka, Pematang Siantar.
2. Sebagai bahan masukan maupun kritik kepada pemerintah kota Pematang Siantar maupun pihak – pihak terkait, mengenai kondisi serta kebutuhan pejalan kaki akan rasa kenyamanan terhadap pemanfaatan fasilitas jalur *pedestrian road*.
3. Sebagai bahan perbendaharaan mengenai penelitian pejalan kaki berdasarkan karakteristik pergerakan pejalan kakinya.

1.6 Sistematika penulisan

Untuk penulisan tugas akhir dengan judul “Studi Karakteristik Pergerakan Pejalan Kaki Di *Pedestrian Road* Lapangan Merdeka Pematang Siantar“ Ini tersusun dari 5 bab, dan tipe-tipe terdiri dari beberapa pokok bahasan dengan sistematika sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Membahas hal - hal berupa teori yang berhubungan dengan judul tugas akhir, dan metode - metode perhitungan yang digunakan .

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini menerangkan tentang tempat dan waktu penelitian, sumber data, teknik pengumpulan data, dan metode analisis data.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Merupakan hasil penelitian dan pembahasan singkat mengenai hasil penelitian yang digunakan untuk memecahkan masalah dan menarik kesimpulan.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Dari pembahasan dan analisa data yang telah didapat, penulis dapat memberikan kesimpulan dan saran yang berkaitan dengan judul dan tugas akhir ini.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pedestrian merupakan salah satu aktivitas yang memerlukan ruang, dan bagian dari sistem transportasi dalam suatu kota. Sehingga terjalin adanya kesinambungan dengan elemen transportasi lainnya seperti parkir, halte dan sirkulasi kendaraan. Hal-hal yang mengganggu jalur *pedestrian* (halte, parkir), saluran air (terbuka atau tertutup), tempat sampah, jaringan telpon/listrik yang penempatannya diatas atau dibawah trotoar. (Grigg,1988)

Trotoar merupakan jalur pejalan kaki yang dibuat terpisah dari jalur kendaraan umum, biasanya terletak bersebelahan atau berdekatan. Pengertian ini sesuai *Odgen* (1996) yang menyatakan *footpath and sidewalk* berarti jalur pejalan kaki yang mengambil bagian dari jalan kendaraan atau jalur yang terpisah khusus untuk pejalan kaki saja, tetapi ada jalur pejalan kaki yang digunakan bersama-sama dengan jalur sepeda. (Danisworo,1991)

Trotoar sudah memiliki standar ketentuan berdasarkan luasan jalan dan kapasitas pengguna. Perhitungan ini dilakukan agar kenyamanan dan fungsi trotoar dapat digunakan secara maksimal bagi penggunanya. Trotoar yang sudah ada perlu ditinjau kapasitas, keadaan dan penggunaannya apabila terdapat pejalan kaki yang menggunakan jalur lalu lintas kendaraan. Secara umum trotoar dapat direncanakan pada ruas jalan yang terdapat volume pejalan kaki lebih besar dari tiga ratus orang per dua belas jam (06.00-18.00) dan volume lalu lintas per dua belas jam (06.00-18.00).

Tabel 2.1: Tingkat pelayanan trotoar (*Direktorat Jendral Bina Marga*)

Tingkat Pelayanan	Modul (m ² /orang)	Volume (orang/meter/menit)
A	≥ 3,25	≤ 23
B	2,30-3,25	23-33
C	1,40-2,30	33-50

Tabel 2.1: *Lanjutan*

Tingkat Pelayanan	Modul (m ² /orang)	Volume (orang/meter/menit)
D	0,90-1,40	50-56
E	0,45-0,90	66-82
F	≤0,45	≥82

Pejalan kaki adalah bagian dari sistem transportasi. Walaupun didalam sistem transportasi sering dilupakan, pejalan kaki tidak boleh disingkirkan. Peningkatan gerakan pejalan kaki dan tingkat pelayanan, kurang penting dibandingkan lalu lintas lainnya. Untuk itu diperlukan fasilitas yang memadai meliputi lebar efektif trotoar yang sesuai dengan kebutuhan dan tempat-tempat peristirahatan serta pengadaan sarana dan prasarana peneduh. (*Hobbs, 1995*)

Prinsip-prinsip analisis pergerakan pejalan kaki sama seperti yang digunakan untuk analisis pergerakan kendaraan bermotor, yaitu berdasarkan pada hubungan kecepatan (*speed*), arus (*flow*), dan kepadatan (*density*). (*Highway Capacity Manual, 1985*)

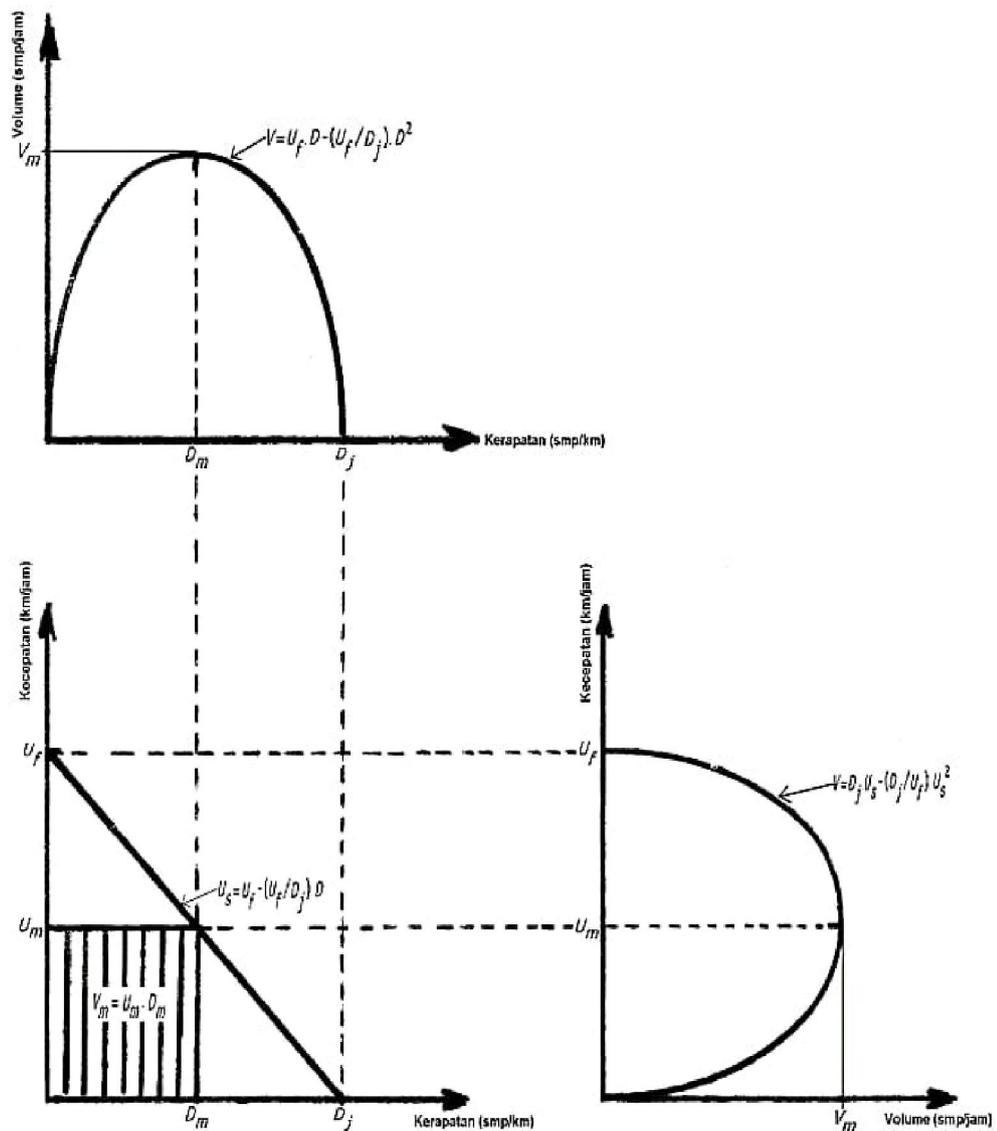
Konsep *level of service* pertama kali digunakan untuk menentukan tingkat kenyamanan di jalan raya. Selanjutnya juga diaplikasikan untuk fasilitas pejalan kaki. Tingkatan-tingkatan “*level of service*” pada tempat berjalan secara detail didefinisikan dari A sampai dengan F berdasarkan tingkat nilai arus pergerakan pejalan kaki dan luas area yang tersedia untuk tiap pejalan kaki. (*Highway Capacity Manual, 1985*)

Dari beberapa referensi buku dan jurnal di atas dapat disimpulkan bahwa penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui karakteristik pejalan kaki. Metode analisis yang digunakan adalah metode regresi linier sesuai dengan cara yang dipergunakan oleh *Greenshields, Greenberg, dan Underwood*. Pada penelitian ini dilaksanakan di *pedestrian road* Lapangan Merdeka, Pematang Siantar.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Karakteristik Pejalan Kaki

Diekspresikan pada karakteristik analisis lalu-lintas, variabel-variabel utama yang digunakan untuk mengetahui karakteristik pergerakan *pedestrian* adalah arus (*flow*), kecepatan (*speed*), dan kepadatan (*density*). Hubungan ketiga variabel tersebut digambarkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1: Hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan (*Highway Capacity Manual, 1985*)

Daniel dan Mettew menyatakan, bahwa seorang pengemudi akan menaikkan kecepatannya sebagaimana halnya sejumlah kendaraan disekitarnya naik kecepatannya, sehingga terjadi interaksi peka antara kecepatan dan kerapatan dan keduanya berasal dari arus yang dapat dihitung. Oleh karena itu, pada awalnya investigator mengeksplorasi hubungan antara kecepatan dan kerapatan. Beberapa teori yang terkait dengan hubungan antara kecepatan dan kerapatan, antara lain teori-teori *Greenshield*, *Greenberg* dan *Underwood*.

a. Kecepatan (*speed*)

Kecepatan adalah laju dari suatu pergerakan *pedestrian*. Kecepatan *pedestrian* didapat dengan menggunakan rumus seperti Pers. 2.1. (*Fred.L. Mannering & Walter P. Kilareski, 1988*)

$$V = \frac{L}{t} \quad (2.1)$$

Dengan, V = Kecepatan pedestrian, (m/min)

L = Panjang penggal pengamatan, (m)

t = Waktu tempu pedestrian yang melintasi penggal pengamatan, (det)

b. Arus (*Flow*)

Arus adalah jumlah *pedestrian* yang melintasi suatu titik pada penggal ruang untuk pejalan kaki tertentu pada interval waktu tertentu diukur dalam satuan *pedestrian* per meter per menit. Untuk memperoleh besarnya arus (*flow*) digunakan rumus seperti pada Pers. 2.2 (*Fred.L. Mannering & Walter P. Kilareski, 1988*)

$$Q = \frac{N}{T} \quad (2.2)$$

Dengan, Q = Arus *pedestrian*, (*pedestrian*/min/m)

N = Jumlah *pedestrian* yang lewat per meter, (*pedestrian*)

T = Waktu pengamatan, (menit)

Terdapat dua metode untuk menghitung nilai rata-rata kecepatan yaitu kecepatan rerata waktu (*time mean speed*).

1) Kecepatan rata-rata waktu (*time mean speed*)

Kecepatan rata-rata waktu adalah rata-rata aritmatik kecepatan *pedestrian* yang melewati suatu titik selama periode waktu tertentu. Rumus untuk memperoleh kecepatan rata-rata waktu adalah seperti pada Pers 2.3.

$$V_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i \quad (2.3)$$

Dengan, V_t = Kecepatan rata-rata waktu (m/min)

n = Banyaknya data yang diamati

V_i = Kecepatan tiap *pedestrian* yang diamati (m/min)

2) Kecepatan rata-rata ruang (*space mean speed*)

Kecepatan rata-rata ruang adalah rata-rata aritmatik kecepatan *pedestrian* yang berada pada rentang jarak tertentu pada waktu tertentu. Kecepatan rata-rata ruang didapat dengan rumus Pers. 2.4.

$$V_s = \frac{1}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{V_i}} \quad (2.4)$$

Dengan, V_s = Kecepatan rata-rata ruang, (m/min)

n = Jumlah data

V_i = Kecepatan tiap pejalan kaki yang diamati, (m/min)

c. Kepadatan (*density*)

Kepadatan adalah jumlah *pedestrian* yang berada disuatu ruang untuk pejalan kaki pada jarak tertentu, biasanya dirumuskan dalam satuan *pedestrian* per meter persegi. Karena sulit diukur secara langsung dilapangan, maka kepadatan dihitung dari nilai kecepatan rata-rata ruang dan arus seperti pada Pers. 2.5.

$$D = \frac{Q}{V_s} \quad (2.5)$$

Dengan, D = Kepadatan (*pedestrian/m²*)

Q = arus, (*pedestrian/min/m*)

V_s = Kecepatan rata-rata ruang, (m/min)

d. Ruang (*space*) untuk pejalan kaki

Ruang untuk *pedestrian* merupakan luas area rata-rata yang tersedia untuk masing-masing *pedestrian*. Dirumuskan dalam satuan $m^2/\text{pedestrian}$. Ruang *pedestrian* adalah hasil dari kecepatan rata-rata ruang dibagi dengan arus, atau singkatnya ruang *pedestrian* adalah berbanding terbalik dengan kepadatan. Rumus untuk menghitung ruang *pedestrian* dapat diperoleh dari Pers. 2.6.

$$S = \frac{V_s}{Q} = \frac{1}{D} \quad (2.6)$$

Dengan, S = Ruang *pedestrian*, ($m^2/\text{pedestrian}$)

D = Kepadatan, ($\text{pedestrian}/m^2$)

Q = Arus, ($\text{pedestrian}/\text{min}/m$)

V_s = Kecepatan rata-rata ruang, (m/min)

2.2.2 Hubungan Antar Variabel Pergerakan Pejalan Kaki

Pada prinsipnya analisis pergerakan *pedestrian* sama seperti analisis yang digunakan pada analisis pergerakan kendaraan bermotor. Prinsip analisis ini didasarkan pada hubungan arus (*flow*), kecepatan (*speed*), dan kepadatan (*density*).

Hubungan yang paling mendasar antara arus (*flow*), kecepatan (*speed*), dan kepadatan (*density*) pada pejalan kaki dirumuskan seperti pada Pers. 2.7.

$$S = V_s \cdot D \quad (2.7)$$

Dengan, S = Ruang *pedestrian*, ($m^2/\text{pedestrian}$)

V_s = Kecepatan rata-rata ruang, (m/min)

D = Kepadatan, ($\text{pedestrian}/m^2$)

2.2.2.1 Model *Greenshield*

Dalam pendekatan Model *Greenshield*, variabel-variabel diatas dimodelkan secara matematis untuk mengetahui hubungan antar variabel-variabel tersebut. Model *Greenshield* ini merupakan terawal dalam usaha mengamati perilaku lalu lintas. Digunakannya Model *Greenshield* ini karena merupakan salah satu model yang sederhana dan mudah digunakan. *Greenshield* mendapatkan hasil bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan bersifat parabolik.

1. Hubungan antara kecepatan dan kepadatan

$$V_s = V_f - \left[\frac{V_f}{D_j} \right] D \quad (2.8)$$

Dengan, V_s = Kecepatan rata-rata ruang, (m/min)

V_f = Kecepatan padat saat arus bebas, (m/min)

D = Kecepatan, (*pedestrian*/m²)

D_j = Kepadatan pada saat kondisi macet (*pedestrian*/m²)

2. Hubungan antara arus (*flow*) dan kepadatan (*density*)

Hubungan antara arus dan kepadatan dapat diperoleh dengan mensubstitusikan Pers. 2.7 dengan 2.8.

$$Q = V_s \cdot d$$

$$Q = \left\{ V_f - \left[\frac{V_f}{D_j} \right] \cdot D \right\} \cdot D$$

Kemudian didapat Pers. 2.9.

$$Q = V_f \cdot D - \left[\frac{V_f}{D_j} \right] \cdot D^2 \quad (2.9)$$

Dengan, Q = Arus (*flow*), (*pedestrian*/min/m)

V_f = Kecepatan pada arus bebas, (m/min)

D = kepadatan, (*pedestrian*/m²)

D_j = Kepadatan pada saat kondisi macet, (*pedestrian*/min/m²)

Persamaan diatas ialah persamaan tentang arus (Q) yang merupakan fungsi parabola (fungsi kuadrat). Persamaan tersebut menunjukkan bahwa arus merupakan fungsi kerapatan (D) atau $Q = f(D)$.

3. Hubungan antara arus (*flow*) dan kecepatan (*speed*)

Untuk mencari hubungan antara arus dan kecepatan dengan menggunakan Pers. 2.10

$$Q = D_j \cdot V_s - \left[\frac{D_j}{V_f} \right] \cdot V_s^2 \quad (2.10)$$

Dengan, Q = Arus (*flow*), (*pedestrian*/min/m)

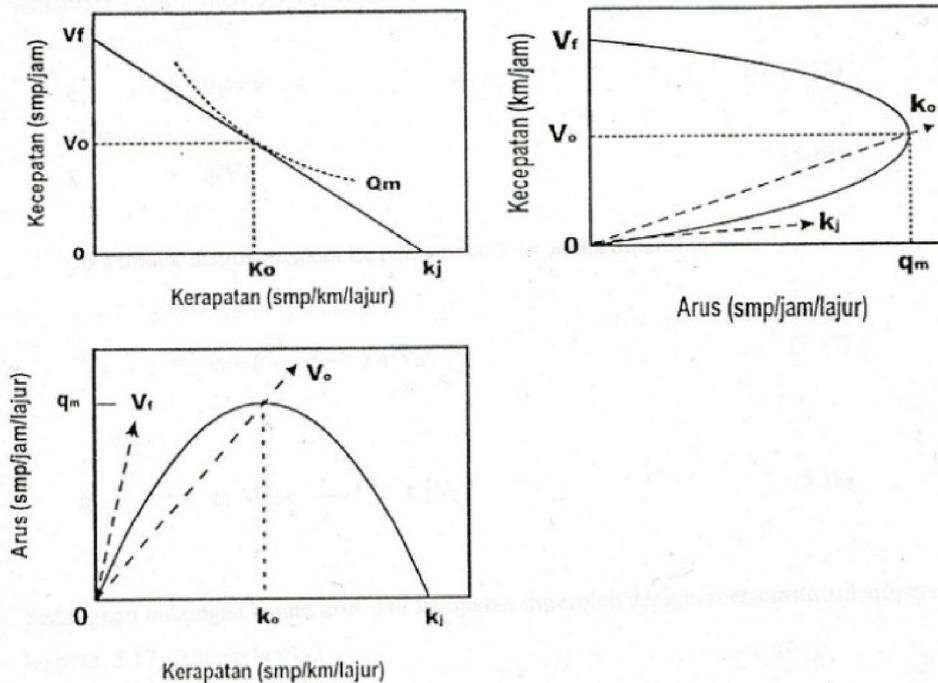
D_j = Kepadatan pada saat kondisi macet (*pedestrian*/m²)

V_s = Kecepatan rata-rata ruang (m/min)

V_f = Kecepatan pada arus bebas, (m/min)

Dari pers. diatas dapat dikatakan bahwa arus adalah fungsi dari kecepatan (V_s).

$$Q = f(V_s)$$



Gambar 2.2: Model *Greenshield* (*Highway Capacity Manual*, 1985)

2.2.2.2 Model *Greenberg*

Greenberg mengembangkan sebuah model dengan mengambil pengukuran, kecepatan, arus, dan kepadatan pada lincoln tunnel yang menghasilkan model kecepatan kepadatan (*speed density model*) dengan analogi terhadap aliran fluida.

1. Hubungan antara arus dan kepadatan

$$V_s = \frac{\ln D}{b} - \frac{\ln C}{b} \quad (2.11)$$

2. Hubungan antara arus dan kepadatan

$$V = \frac{Q}{D} = \frac{\ln D}{b} - \frac{\ln C}{b}$$

$$Q = \frac{D \ln D}{b} - \frac{D \ln C}{b}$$

(2.12)

3. Hubungan antara arus dan kecepatan

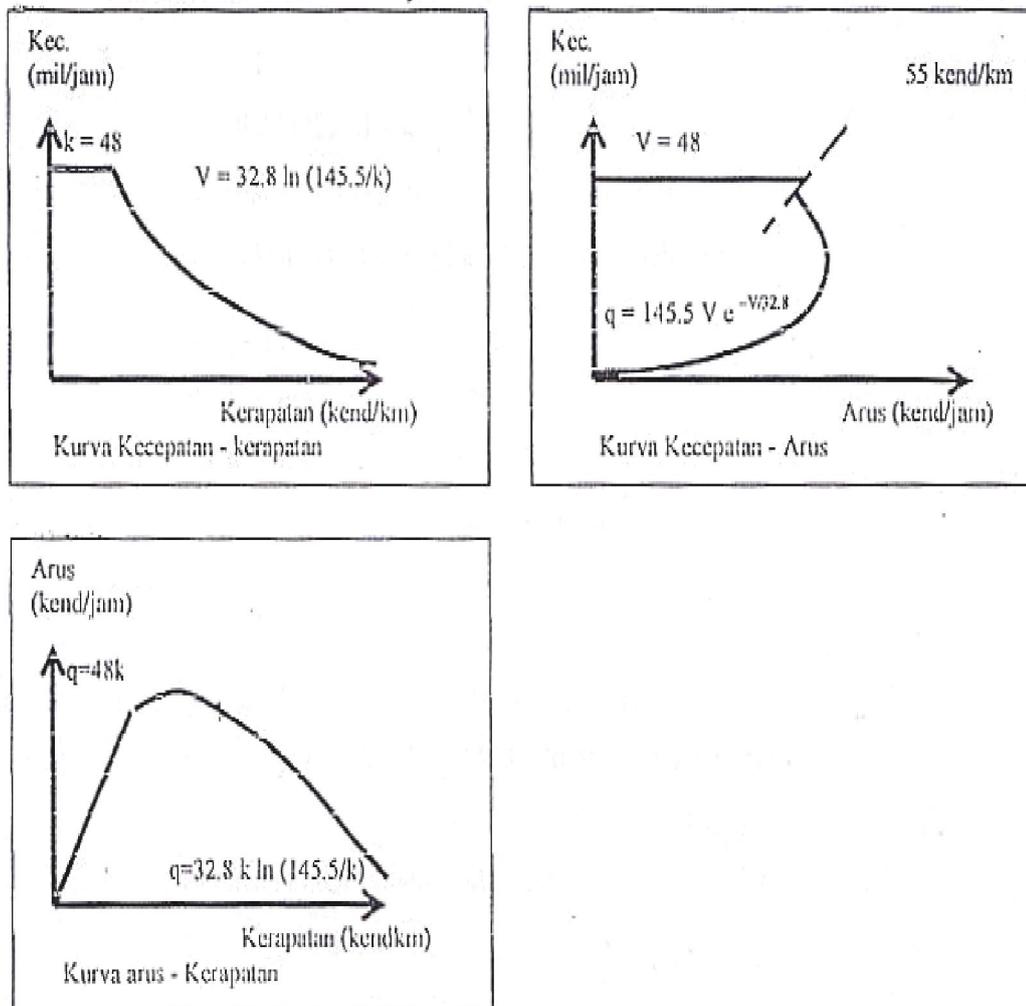
$$b = \frac{1}{B}, C = e^{\frac{A}{B}}, V_s = \frac{1}{b}$$

(2.13)

$$D = \frac{Q}{V} \quad \frac{Q}{V_s} = C \cdot e^{b \cdot v_s}$$

$$Q = V_s \cdot C \cdot e^{b \cdot v_s}$$

(2.14)



Gambar 2.3: Model Greenberg (*Highway Capacity Manual, 1985*)

2.2.2.3 Model *Underwood*

Underwood melakukan studi lalu-lintas di Merrit Parkway di Connecticut dan memberikan perhatian lebih untuk kondisi arus bebas yang oleh *Greenberg* nilai *free-flow speed* adalah tak hingga. Model ini menentukan D_m sebagai parameter. Persamaan dasar yang digunakan adalah:

1. Hubungan antara kecepatan dan kepadatan

$$V_s = V_f e^{-D/D_m} \quad (2.15)$$

2. Hubungan antara arus dan kepadatan

$$\ln(V) = \ln\left(V_f e^{-\frac{D}{D_m}}\right)$$
$$\ln(V) = \ln(V_f) - \frac{Q}{v \cdot D_m} D \quad (2.16)$$

3. Hubungan antara arus dan kecepatan

Persamaan ini analog dengan persamaan linear $y = Ax + B$ dengan $y = \ln(v)$ dan $x = D$;

Maka:

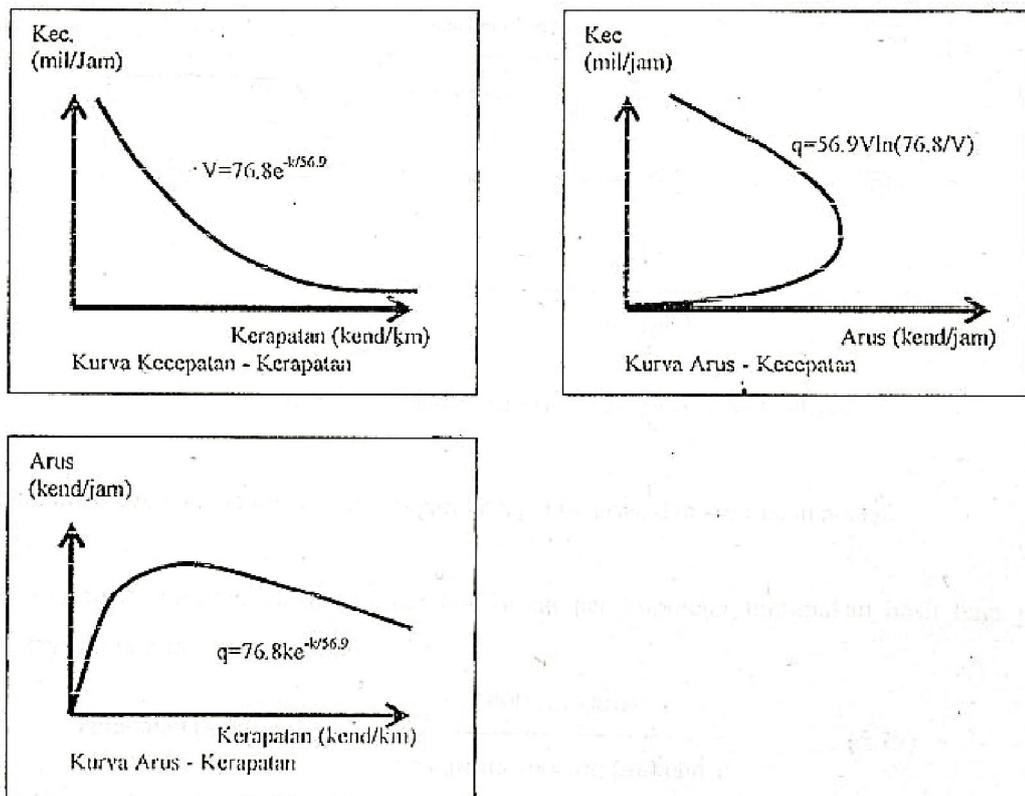
$$Q = V_f \cdot e^{-D/D_m} \quad (2.17)$$

$$Q = V_s \cdot D_m (\ln V_f - \ln V_s) \quad (2.18)$$

Dengan distribusi $V_f = e^A$ dan $D_m = \frac{1}{B}$ maka dapat hubungan

$$Q = D \cdot D_m \cdot e^{B+Ak} \quad (2.19)$$

Kelemahan model *Underwood* terletak pada saat kepadatan pada kondisi macet maka kecepatannya adalah tak hingga (*infinity*), sehingga model ini tidak sesuai pada realitas saat lalu lintas mempunyai kepadatan tinggi.



Gambar 2.4: Model *Underwood* (*Highway Capacity Manual, 1985*)

Tabel 2.2: Rangkuman Pers. tiga model (*Khisty, CJ and B. Kent Lall, 1998*)

Hubungan	Greenshields	Greenberg	Underwood
1. Kecepatan-kepadatan	$V_s = V_f - \left[\frac{V_f}{D_j}\right] \cdot D$	$V_s = \frac{\ln D}{b} - \frac{\ln C}{b}$	$V_s = V_f e^{-\frac{D}{D_m}}$
2. Arus-kecepatan	$Q = D_j \cdot V_s - \left[\frac{D_j}{V_f}\right] V_s^2$	$Q = V_s \cdot C \cdot e^{b \cdot v_s}$	$Q = V_s \cdot D_m (\ln V_f - \ln V_s)$
3. Arus-Kepadatan	$Q = V_f \cdot D - \left[\frac{V_f}{D_j}\right] D^2$	$Q = \frac{D \ln D}{b} - \frac{D \ln C}{b}$	$Q = V_f \cdot e^{-\frac{D}{D_m}}$

2.2.3 Analisis Regresi Linier

Pada analisis regresi linear terdapat satu perubah yang dinyatakan dengan X dan perubah tidak bebas yang bergantung pada X yaitu dinyatakan dengan notasi Y. Dalam menentukan karakteristik hubungan antara kecepatan dengan kepadatan digunakan analisis regresi linier. Apabila variabel tidak bebas (*dependent*) linier

terhadap variabel bebasnya (*independent*) maka hubungan kedua variabel itu adalah linier. Nilai X (variabel bebas) merupakan nilai dari kepadatan, sedang nilai Y (variabel tidak bebas) adalah nilai dari kecepatan. Hubungan yang linier atas variabel bebas dengan variabel tidak bebas tersebut dituliskan dalam persamaan regresi untuk mendapatkan persamaan $Y = a + bx$ dengan nilai a dan b adalah:

$$a = \frac{\sum Y * \sum X^2 - \sum X * \sum XY}{n * \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (2.20)$$

$$b = \frac{n * \sum XY * \sum X - \sum X \sum Y}{n * \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (2.21)$$

Dengan;

a = bilangan konstan yang merupakan titik potong dengan sumbu vertikal pada gambar kalau nilai $x = 0$

b = koefisien regresi

n = jumlah data

X = variabel bebas (kepadatan)

Y = variabel terkait (kecepatan)

Kepadatan sebagai variabel bebas (X) dan data kecepatan rata-rata ruang sebagai variabel terikat (Y). Lereng garis regresi disebut koefisien (b). Nilai b disini dapat positif atau negatif. Apabila koefisien regresi positif, maka garis regresi akan mempunyai lereng positif, yang berarti hubungan dua variabel X dan Y searah. Apabila koefisien regresi negatif, maka garis regresi akan mempunyai lereng negatif, yang berarti hubungan dua variabel X dan Y berlawanan arah. Penurunan tiga persamaan kedalam persamaan ($Y = a + bx$).

1. Model *Greenshields*

Hubungan kecepatan – kepadatan

$$V_s = V_f - \left[\frac{V_f}{D_j} \right] D$$

Dengan;

$$y = V_s$$

$$x = D$$

$$a = V_f$$

$$b = \frac{V_f}{D_j}$$

Tabel 2.3: Rangkuman penurunan *Greenshields* (*Khisty, CJ and B. Kent Lall, 1998*)

No	Hubungan	Y	X	a	B
1.	Kecepatan – Kepadatan	V_s	D	V_f	$\frac{V_f}{D_j}$
2.	Arus – Kecepatan	Q	V_s	$D_j \cdot V_s$	$\frac{D_j \cdot V_s}{V_f}$
3.	Arus – Kepadatan	Q	D	$V_f \cdot D$	$\frac{V_f \cdot D}{D_j}$

2. Model *Greenberg*

Hubungan kecepatan – kepadatan

$$V_s = \frac{\ln D}{b} - \frac{\ln C}{b}$$

Dengan;

$$y = V_s$$

$$x = - \frac{\ln C}{b}$$

$$b = \frac{1}{b}$$

Tabel 2.4: Rangkuman penurunan *Greenberg* (*Khisty, CJ and B. Kent Lall, 1998*)

No	Hubungan	Y	X	A	B
1.	Kecepatan – Kepadatan	V_s	$\ln D$	$-\frac{\ln C}{b}$	$\frac{1}{b}$
2.	Arus – Kecepatan	$\ln Q$	B	$\ln S \cdot C$	S

3.	Arus – Kepadatan	Q	D	$\frac{\ln D^D}{b}$	$-\frac{\ln c}{b}$
----	------------------	---	---	---------------------	--------------------

3. Model *Underwood*

Hubungan kecepatan – kepadatan

$$V_s = V_f e^{D/Dm}$$

$$\ln V_s = \ln V_f - \frac{D}{Dm}$$

Dengan; $y = \ln V_s$

$$x = D$$

$$a = \ln V_f$$

$$b = -\frac{1}{Dm}$$

Tabel 2.5: Rangkuman penurunan *Underwood* (*Khisty, CJ and B. Kent Lall, 1998*)

No	Hubungan	Y	X	A	B
1.	Kecepatan – Kepadatan	$\ln (\ln V_s)$	D	$\ln V_f$	$\frac{1}{Dm}$
2.	Arus – Kecepatan	Q	Dm	$\ln V_s^{V_s Dm}$	$\ln V_s^{V_s}$
3.	Arus -Kepadatan	Q	D	$\ln V_f$	$-\frac{1}{Dm}$

2.2.4 Koefisien Korelasi

Hubungan antara variabel *independent* terhadap variabel *dependent* dapat dilihat dengan menghitung nilai korelasi. Tinggi-rendah, kuat-lemah, atau besar-kecilnya suatu korelasi dapat diketahui dengan melihat besar-kecilnya suatu koefisien yang disebut koefisien korelasi yang disimbolkan dengan r. Nilai koefisien korelasi didapat dari:

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{\{n \sum x^2 - (\sum x)^2\} \{n \sum y^2 - (\sum y)^2\}}} \quad (2.22)$$

dengan, n = jumlah data

X = variabel bebas (absis)

Y = variabel terikat (ordinat)

r = koefisien korelasi

Harga r berkisar antara $-1 < r < +1$, jika harga $r = -1$ menyatakan korelasi antara kedua variabel tersebut negatif dan arah korelasi berlawanan arah yang artinya terdapat pengaruh negatif antara variabel bebas yaitu jika variabel x_1 yang besar berpasangan dengan y yang kecil, ataupun sebaliknya.

Harga $r = +1$ menyatakan korelasi antara kedua variabel tersebut positif dan arah korelasi satu arah yang artinya terdapat pengaruh positif antara variabel bebas yaitu jika variabel x_1 yang besar berpasangan dengan y yang besar juga. Untuk harga $r = 0$, tidak terdapat hubungan linear antara variabel-variabelnya.

2.2.5 Kapasitas dan Tingkat Pelayanan

2.2.5.1 Kapasitas

Kapasitas adalah jumlah maksimum *pedestrian* yang mampu melewati suatu titik pada ruang *pedestrian* selama periode waktu tertentu. Kapasitas pada ruang pejalan kaki ini digunakan untuk mengetahui apakah ruang *pedestrian* tersebut masih mampu menampung *pedestrian* yang ada khususnya pada saat hari-hari puncak.

Untuk menentukan nilai kapasitas maka terlebih dahulu dicari nilai maksimum dari variabel karakteristik *pedestrian* yaitu arus maksimum, kecepatan pada saat arus maksimum, dan kepadatan pada saat arus maksimum.

1. *Greenshields*

Untuk mencari besarnya arus maksimum yaitu dengan menggunakan Pers.

2.23.

$$Q_m = V_m \cdot D_m \quad (2.23)$$

Dengan, Q_m = arus maksimum, (*pedestrian*/min/m)

V_m = kecepatan pada saat arus maksimum, (m/min)

D_m = kepadatan pada saat arus maksimum, (*pedestrian*/m²)

Sedangkan nilai D_m didapat dari persamaan:

$$D_m = \frac{D_j}{2} \quad (2.24)$$

Dengan, D_m = kepadatan pada saat arus maksimum, (*pedestrian/m²*)

D_j = Jam *density*, kepadatan pada saat macet (*pedestrian/m²*)

Besarnya kecepatan pada saat arus maksimum (V_m) diperoleh dengan

mensubstitusikan pers. $Y = a+bX+cX^2$ kedalam pers. 2.8 (*Fred. L. Mannering & Walter P. Kilaesik, 1988*)

$$V_s = V_f - \left[\frac{V_f}{D_j}\right]D$$

$$V_m = V_f - \left[\frac{V_f}{D_j}\right]D_m$$

$$V_m = V_f - \left[1 - \frac{D_j}{2D_j}\right]$$

$$V_m = \frac{V_f}{2} \quad (2.25)$$

Dengan,

V_s = Kecepatan rata-rata ruang

V_m = kecepatan pada saat arus maksimum, (m/min)

V_f = kecepatan pada arus bebas, (m/min)

D_m = Kepadatan pada saat arus maksimum, (*peds/m²*)

2. Greenberg

Kepadatan maksimum akan terjadi jika $\frac{\partial q}{\partial k} = 0$, sehingga:

$$\frac{\partial q}{\partial d} = \frac{\ln D_m + 1}{b} - \frac{\ln C}{b} = 0$$

$$(\ln D_m + 1) = \ln C$$

$$D_m = e^{\ln C - 1} \quad (2.26)$$

$$V_m = -\frac{1}{b} \quad (2.27)$$

$$Q_m = D_m \times V_m \quad (2.28)$$

3. Underwood

Dm adalah kerapatan pada saat q maksimum. Apabila kedua arus dinyatakan dalam fungsi logaritma naturalis, maka didapatkan persamaan:

$$D_m = \frac{1}{B} \quad (2.29)$$

$$V_f = e^A \quad (2.30)$$

Selanjutnya hubungan matematis antara arus kecepatan dapat diturunkan dari beberapa persamaan sehingga persamaan pada kondisi arus maksimum terjadi

pada saat $\frac{\partial q}{\partial V} = 0$ ialah:

$$V_m = e^{\ln V_f - 1} \quad (2.31)$$

$$Q_m = D_m \times V_m \quad (2.32)$$

2.2.5.2 Tingkat pelayanan

Tingkat pelayanan adalah pengelolaan kualitas aliran traffic pada macam-macam fraksi kapasitas maksimum. Konsep tingkat pelayanan berhubungan dengan faktor kenyamanan. Seperti, kemampuan memilih kecepatan berjalan, mendahului pejalan kaki yang lebih lambat, menghindari konflik dengan pejalan kaki lainnya.

Kriteria yang digunakan sebagai syarat dalam menentukan tingkat pelayanan pada suatu ruang pejalan kaki dalam hal ini digunakan dua kriteria sebagai perbandingan yaitu;

1. Berdasarkan jumlah *pedestrian* per menit per meter, yang mana tingkat pelayanan untuk pejalan kaki didefinisikan sebagai arus (*flow*) *pedestrian* pada interval 5 menit yang terbesar. Untuk menghitung nilai arus *pedestrian* pada interval 5 menit yang terbesar digunakan Pers. 2.33 (*Highway Capacity Manual, 1985*)

$$Q_5 = \frac{Nm}{5WE} \quad (2.33)$$

Dengan: Q_5 = arus (*flow*) *pedestrian* pada interval 5 menit yang terbesar,

(pejalan kaki/min/m)

Nm = jumlah *pedestrian* terbanyak pada interval 5 menit, (*pedestrian*)

WE = lebar efektif ruang *pedestrian*, (m)

2. Berdasarkan pada luas area meter persegi per *pedestrian*, yang mana tingkat pelayanan didefinisikan dengan ruang (*space*) untuk *pedestrian* pada saat arus 5 menit yang terbesar. Untuk menghitung nilai ruang *pedestrian* pada saat arus 5 menit yang terbesar digunakan Pers 2.6 kemudian dengan mengambil nilai pada saat arus 5 menit yang terbesar diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$S_5 = D_5 \quad (2.34)$$

Dengan, S_5 = ruang untuk *pedestrian* pada saat arus 5 menit yang terbesar
(m/*pedestrian*)

D_5 = kepadatan pada saat arus 5 menit yang terbesar,
(*pedestrian*/m²)

Tingkat pelayanan dapat digolongkan dalam tingkat pelayanan A sampai tingkat pelayanan F, yang semuanya mencerminkan kondisi pada kebutuhan atau arus pelayanan tertentu. Adapun rincian tingkat pelayanan tersebut berdasarkan TRB 2000 dalam Alfi Juniarti 2010 dapat dilihat pada Tabel 2.6 adalah:

Tabel 2.6: Tingkat pelayanan *pedestrian* (*Highway Capacity Manual, 1985*)

Tingkat Pelayanan	<i>Space</i> m ² / <i>pedestrian</i>	Arus dan kecepatan yang diharapkan		
		Kecepatan m/min	Arus <i>Pedestrian</i> /min/m	Vol/Cap
A	≥ 12	≥ 79	≤ 6.5	≤ 0.08
B	≥ 4	≥ 76	≤ 23	≤ 0.28
C	≥ 2	≥ 73	≤ 33	≤ 0.40
D	≥ 1.5	≥ 69	≤ 46	≤ 0.60
E	≥ 0.5	≥ 46	≤ 82	≤ 1.00
F	≥ 0.5	< 46	Bervariasi	Bervariasi

Tabel 2.7: Ilustrasi tingkat pelayanan fasilitas *pedestrian*. (*Transportation Research Board, 2000*)

<p>LOS A</p> <p>Ruang <i>pedestrian</i> > 60 ft²/ped</p> <p>Laju arus ≤ 5 ped/menit/ft</p> <p>Pada jalan-orang LOS A, <i>pedestrian</i> bergerak dalam lintasan yang diinginkan</p>

<p>tanpa mengubah gerakannya dalam menanggapi <i>pedestrian</i> lain. Kecepatan berjalan bebas, dan kemungkinan terjadinya konflik diantara <i>pedestrian</i> lain sangat kecil.</p>
<p>LOS B</p> <p>Ruang <i>pedestrian</i> > 40-60 ft²/ped</p> <p>Laju arus > 5-7 ped/menit/ft</p> <p>Pada LOS B ini, terdapat ruang yang cukup bagi <i>pedestrian</i> untuk memilih kecepatan berjalannya secara bebas, untuk mendahului <i>pedestrian</i> lainnya dan untuk menghindari konflik silang. Pada tingkat ini, <i>pedestrian</i> mulai sadar akan adanya <i>pedestrian</i> lain, dan menanggapi kehadiran mereka itu ketika memilih lintasan berjalannya.</p>
<p>LOS C</p> <p>Ruang <i>pedestrian</i> > 24-40 ft²/ped</p> <p>Laju arus > 7-10 ped/menit/ft</p> <p>Pada LOS C, ruangnya cukup untuk berjalan normal, dan untuk mendahului <i>pedestrian</i> lainnya dalam arus tak berarah primer. Gerak arah-balik atau silang dapat menyebabkan sedikit konflik, dan kecepatan serta laju alirnya agak lebih rendah.</p>
<p>LOS D</p> <p>Ruang <i>pedestrian</i> > 15-24 ft²/ped</p> <p>Laju arus > 10-15 ped/menit/ft</p> <p>Pada LOS D, kebebasan untuk memilih kecepatan berjalan masing-masing dan untuk mendahului <i>pedestrian</i> lain terbatas. Gerak silang atau arah balik akan mengalami konflik kemungkinan yang tinggi yang membutuhkan perubahan kecepatan dan kedudukan yang sering. LOS ini memberikan arus yang cukup lancar, tetapi gesekan dan interaksi diantara <i>pedestrian</i> itu kemungkinan terjadi.</p>
<p>LOS E</p> <p>Ruang <i>pedestrian</i> > 8-15 ft²/ped</p> <p>Laju arus > 15-23 ped/menit/ft</p> <p>Pada LOS E ini, hampir semua <i>pedestrian</i> membatasi kecepatannya, sering harus menyesuaikan langkahnya. Pada jangka yang lebih rendah, gerak kedepan hanya mungkin dengan menggeserkan kaki. Ruang tidak cukup untuk</p>

melewati *pedestrian* yang lebih lambat. Gerak silang atau arah balik hanya mungkin dilakukan dengan susah payah. Volume desain mendekati batas kapasitas orangnya, dengan berhenti atau arus yang terhambat.

LOS F

Ruang *pedestrian* $\leq 8 \text{ ft}^2/\text{ped}$

Laju arus beragam ped/menit/ft

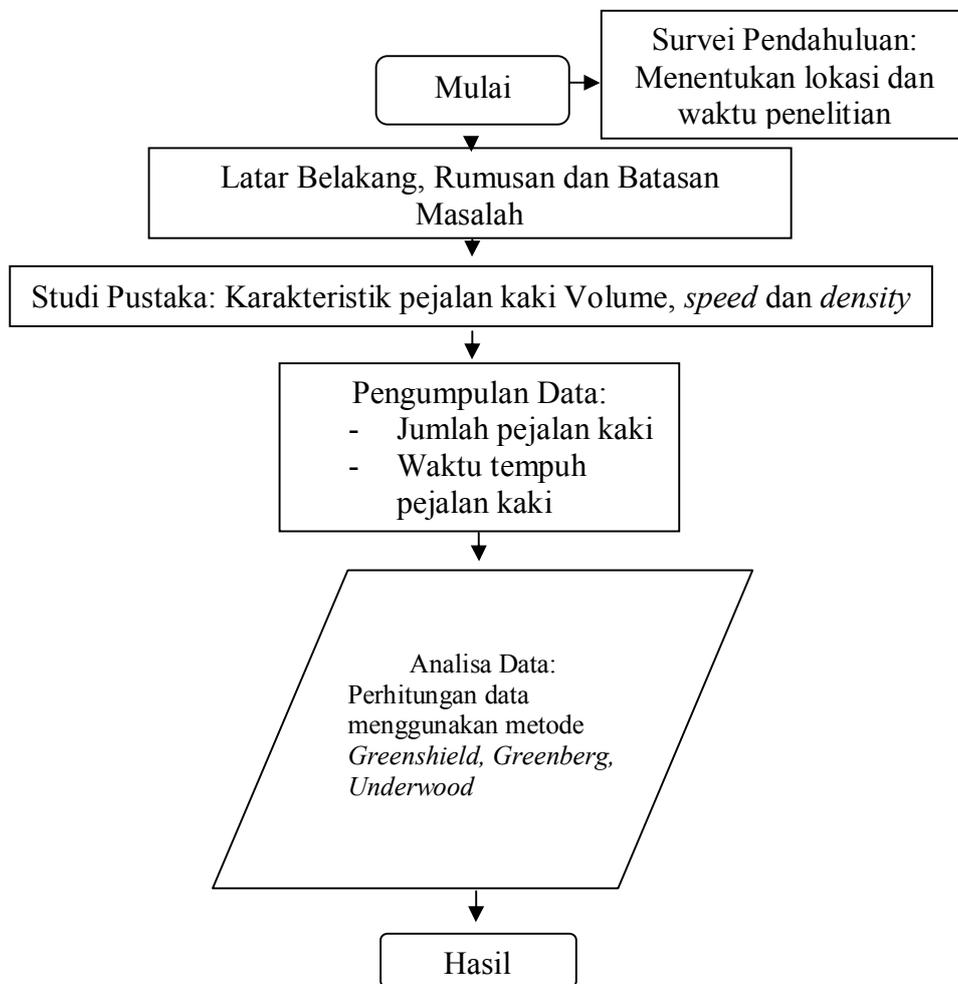
Pada LOS F ini, semua kecepatan berjalan sangat terbatas, dan gerak maju dilakukan hanya menggeserkan kaki. Terjadi kontak yang sering tak terelakan diantara *pedestrian*. Gerak silang atau arah balik hamper tidak mungkin. Arusnya *sporadik* atau tidak stabil. Ruangnya lebih mengarakterkan *pedestrian* yang antri daripada yang bergerak.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survey dan metode analisis. Metode survei yakni dengan menggunakan teknik manual dalam pengamatan dan pengambilan data di lapangan. Sedangkan metode analisis yakni dengan menggunakan metode regresi linier sesuai dengan cara yang digunakan oleh *Greenshields*, *Greenberg*, dan *Underwood*. Gambaran proses tahapan penyusunan skripsi dapat dilihat pada diagram alir penelitian (*flow chart*) berikut ini:



Gambar 3.1: Bagan alir pengerjaan

3.2 Variabel yang Diukur

Variabel yang diukur dalam penelitian ini adalah arus (*flow*) maksimum pejalan kaki, kecepatan (*speed*), kepadatan (*density*) dan luas area yang tersedia untuk pejalan kaki pada saat arus maksimum. Data-data pejalan kaki tersebut dilakukan dengan cara manual.

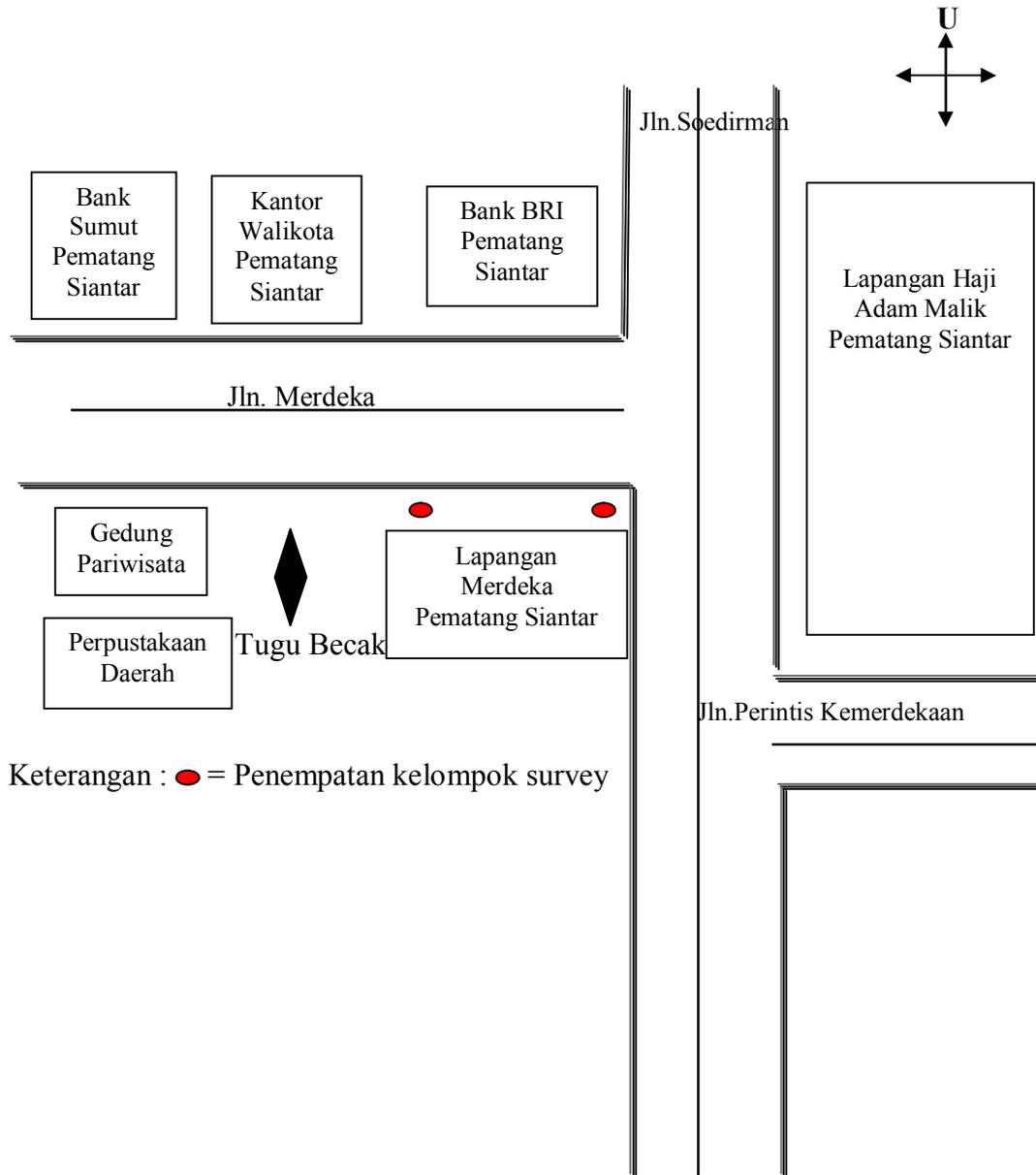
Nilai arus (*flow*) ditentukan dari jumlah pejalan kaki dari kedua arah yang lewat daerah observasi per menit per lebar efektif trotoar. Pengamatan jumlah pejalan kaki yang melewati penggal trotoar pengamatan dihitung setiap interval 15 menit. Untuk mengetahui besarnya arus (*flow*) pejalan kaki digunakan Pers. 2.1.

Kecepatan (*speed*) pejalan kaki dipakai kecepatan rata-rata ruang yang diperoleh dari kecepatan pejalan kaki pada waktu penelitian. Kecepatan (*speed*) pejalan kaki diperoleh dari jarak yang telah ditentukan sebelumnya pada penelitian yaitu dengan membagi jarak dari garis acu kegaris acu berikutnya dengan waktu tempuh untuk melewati jarak tersebut. Untuk mengetahui nilainya digunakan Pers 2.4.

Sedangkan untuk mendapatkan nilai kepadatan (*density*) pejalan kaki yaitu dengan membagi besarnya nilai arus (*flow*) pejalan kaki dengan kecepatan (*speed*) rata-rata ruang pejalan kaki, seperti pada Pers 2.5. dan untuk menghitung besarnya ruang pejalan kaki yaitu dengan membagi besarnya nilai kecepatan (*speed*) rata-rata ruang dengan arus (*flow*) atau sama dengan perbandingan terbalik dengan kepadatan (*density*), seperti Pers 2.6.

3.3 Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan pada studi kasus di *pedestrian road* Lapangan Merdeka, tepatnya di sisi Jln. Merdeka dengan penggal pengamatan sepanjang 155 meter, dimana lebar jalan 8 meter dengan 1 arah arus. Penentuan lokasi penelitian diambil dari pengamatan yang dilakukan sebelum waktu survei.



Gambar 3.2: Denah lokasi penelitian

3.4 Tenaga survei

Pada masing-masing garis acuan ditempatkan dua kelompok *surveyor*. Dengan pembagian tiap kelompok berada di kiri-kanan penggal pengamatan. Kelompok *surveyor* yang berada ditepi garis acuan A-A menangani pejalan kaki yang bergerak dari arah timur ke barat. Sedangkan kelompok *surveyor* yang berada digaris acuan B-B menangani pejalan kaki yang bergerak dari arah barat ke timur.

Tabel 3.1: Kelompok *surveyor*

Garis Acu	Kelompok <i>surveyor</i>	Arah Arus Pejalan Kaki	Kelompok Pejalan Kaki
A-A	K1	T-B	Pria
		T-B	Wanita
B-B	K2	B-T	Pria
		B-T	Wanita

Notasi T = timur, B = barat

3.5 Peralatan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian untuk mendapatkan data dilpangan antara lain sebagai berikut:

1. Lakban atau pita, digunakan untuk menentukan batas penggal pengamatan.
2. *Roll meter*, digunakan untuk mengukur panjang dan lebar efektif penggal pengamatan.
3. *Stopwatch*, digunakan untuk menghitung waktu tempuh pejalan kaki.
4. Formulir survei, yaitu kolom isian yang digunakan dalam pengambilan data pejalan kaki dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Formulir survei pejalan kaki di *pedestrian road* Lapangan Merdeka, Pematang Siantar.

Panjang pengukuran : 155 m

Hari/tanggal : Senin-Minggu/21-27 Mei 2018

Surveyor : 1.

2.

3. Data jumlah pejalan kaki diambil interval 15 menit

Tabel 3.2: lembar kerja pejalan kaki di *pedestrian road* lapangan merdeka, pematang siantar

Waktu	N pejalan kaki	t (detik)
Pagi : 07.30-07.45		
07.45-08.00		
08.00-08.15		
08.15-08.30		
08.30-08.45		
08.45-09.00		
09.00-09.15		

Tabel 3.2: *Lanjutan*

Waktu	N pejalan kaki	t (detik)
09.15-09.30		
Siang : 11.30-11.45		
11.45-12.00		
12.00-12.15		
12.15-12.30		
12.30-12.45		
12.45-13.00		
13.00-13.15		
13.15-13.30		
Sore : 15.00-15.15		
15.15-15.30		
15.30-15.45		
15.45-16.00		
16.00-16.15		
16.15-16.30		
16.30-16.45		
16.45-17.00		
Jumlah		

3.6 Tahapan penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa langkah yang disusun secara sistematis. Baik sebelum proses penyusunannya maupun saat proses penyusunannya berlangsung. Tujuannya dapat memberikan keterangan yang jelas dari awal penelitian, saat penelitian berlangsung hingga akhir penelitian dan mendapatkan suatu hasil perbandingan dengan syarat-syarat yang ada.

3.6.1 Survei pendahuluan

Survei pendahuluan merupakan survei skala kecil tetapi sangat penting agar survei sesungguhnya dapat berjalan dengan lancar, efektif, dan efisien. Survei ini dimaksudkan untuk menentukan lokasi dan waktu penelitian, dilakukan dengan cara meninjau tempat untuk memilih lokasi dan waktu yang mendukung penelitian.

3.6.2 Menentukan latar belakang, rumusan dan batasan masalah

Pada tahap ini dilakukan perumusan masalah yang akan diangkat dalam penelitian. Dari perumusan masalah tersebut, maka dapat ditentukan ruang lingkup dan tujuan dari penelitian ini.

3.6.3 Studi literatur

Studi literatur dilakukan dengan cara mengumpulkan data dari buku referensi dan teori-teori dasar. Bertujuan agar peneliti lebih mengerti konsep teoritis yang menjadi landasan teori dalam melakukan penelitian.

3.6.4 Pengumpulan data

Metode pengumpulan data adalah cara yang dilakukan untuk memperoleh data sesuai dengan data yang digunakan untuk memperoleh data sesuai dengan data yang dibutuhkan. Metode dalam penelitian ini menggunakan metode survei dengan teknik manual yakni memperoleh data secara langsung dengan pengamatan di lapangan. Berikut adalah data survei yang diperoleh pada hari puncak yaitu hari Senin. Untuk data jumlah *pedestrian* pada hari berikutnya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 3.3: Jumlah pejalan kaki pada hari puncak

Waktu (senin)	N Pria Timur	Lama Perjalanan (s)	N wanita Timur	Lama Perjalanan (s)	N pria Barat	Lama Perjalanan (s)	N Wanita Barat	Lama Perjalanan (s)
Pagi: 07.30-07.45	12	123	9	100	12	112	15	118
07.45-08.00	18	124	18	145	12	115	13	118
08.00-08.15	15	124	12	118	18	120	18	120
08.15-08.30	20	130	15	124	18	120	16	120
08.30-08.45	18	128	15	134	18	118	15	123
08.45-09.00	15	123	18	122	9	127	15	123
09.00-09.15	20	138	15	122	14	118	10	117
09.15-09.30	25	132	12	120	22	130	10	116

Tabel 3.3: *Lanjutan*

Waktu senin	N Pria Timur	Lama Perjalanan (s)	N wanita Timur	Lama Perjalanan (s)	N pria Barat	Lama Perjalanan (s)	N Wanita Barat	Lama Perjalanan (s)
Siang: 11.30-11.45	21	136	12	123	18	125	17	121
11.45-12.00	19	125	15	140	20	121	18	122
12.00-12.15	12	123	15	142	11	115	16	124
12.15-12.30	18	126	18	150	11	115	15	122
12.30-12.45	18	120	18	140	15	118	21	132
12.45-13.00	21	130	20	155	15	116	32	136
13.00-13.15	36	137	18	132	22	134	20	128
13.15-13.30	30	132	16	130	21	124	22	130
Sore: 15.00-15.15	28	134	24	146	21	120	18	120
15.15-15.30	22	132	12	142	18	122	26	128
15.30-15.45	15	122	12	120	14	126	26	128
15.45-16.00	14	120	10	97	13	112	22	131
16.00-16.15	18	122	18	135	11	100	16	125
16.15-16.30	12	118	21	140	17	123	19	131
16.30-16.45	12	118	11	132	18	125	18	130
16.45-17.00	15	120	9	95	21	110	16	125
Jumlah	454	3037	363	3104	389	2866	434	2988

3.6.5 Analisis data dan pembahasan

Analisis data dan pembahasan merupakan langkah yang sangat penting dalam suatu penelitian, karena analisis data berfungsi untuk mengambil kesimpulan dari sebuah penelitian. Analisis data dilakukan setelah memperoleh data-data di lapangan secara lengkap.

3.6.6 Kesimpulan dan saran

Pada tahap ini dilakukan penyusunan ulang dari seluruh hasil rangkaian penelitian yang dilakukan, kemudian semua hasil yang telah didapat dibuat

kesimpulan. Selanjutnya disampaikan saran-saran yang berguna bagi pihak terkait dan bagi penelitian selanjutnya.

BAB 4

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan dan Penyajian Data

Penelitian ini dilakukan di *pedestrian road* Lapangan Merdeka pada tanggal 21-27 Mei 2018 dengan pengamatan sepanjang 155 meter. Penelitian tersebut menghasilkan data jumlah *pedestrian* dan waktu tempuh yang merupakan data mentah, sehingga masih harus disusun terlebih dahulu untuk kemudian diadakan perhitungan masing-masing data yaitu arus (*flow*), kecepatan (*speed*), kepadatan (*density*) dan ruang (*space*) untuk pejalan kaki.

4.1.1 Perhitungan Data Arus *Pedestrian*

Data arus *pedestrian* dihitung berdasarkan seluruh *pedestrian* yang melewati penggal ruas jalan yang diamati. Pengamatan dilakukan dari pagi hingga sore hari, dengan interval 15 menit. Untuk memudahkan dalam melakukan survei, jumlah pejalan kaki dibedakan dari arah perjalanan yaitu:

- Pejalan kaki dari arah Barat.
- Pejalan kaki dari arah Timur.

Data hasil survei tersebut disusun dan dihitung jumlah *pedestrian* setiap interval 15 menit. Hasil perhitungan pejalan kaki tersebut kemudian disesuaikan ke dalam satuan arus (*flow*) atau satuan *pedestrian*/min/m. Dari hasil survei yang dilakukan selama satu minggu, didapatkan hari puncak atau hari tersibuk yaitu hari Senin. Adapun data perhitungan jumlah *pedestrian* pada hari puncak tertera pada Tabel 4.1. Untuk data perhitungan jumlah *pedestrian* selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.1: Perhitungan jumlah *pedestrian*

Waktu (senin)	Jumlah Pejalan kaki		Total
	Dari Timur	Dari Barat	
Pagi: 07.30-07.45	21	27	48
07.45-08.00	36	25	61
08.00-08.15	27	36	63

Tabel 4.1: *Lanjutan*

Waktu (senin)	Jumlah Pejalan kaki		Total
	Dari Timur	Dari Barat	
08.15-08.30	35	34	69
08.30-08.45	33	33	66
08.45-09.00	33	24	57
09.00-09.15	35	24	59
09.15-09.30	37	32	69
Siang: 11.30-11.45	33	35	68
11.45-12.00	34	38	72
12.00-12.15	27	27	54
12.15-12.30	36	26	62
12.30-12.45	36	36	72
12.45-13.00	41	47	88
13.00-13.15	54	42	96
13.15-13.30	46	43	89
Sore: 15.00-15.15	52	39	91
15.15-15.30	34	44	78
15.30-15.45	27	40	67
15.45-16.00	24	35	59
16.00-16.15	36	27	63
16.15-16.30	33	36	69
16.30-16.45	23	36	59
16.45-17.00	24	37	61
Jumlah	817	823	1640

Sebagai contoh untuk perhitungan arus (*flow*) *pedestrian* pada pukul 07.30-07.45 WIB sebagai berikut:

- Jumlah *pedestrian* dari arah Barat = 21 orang
- Jumlah *pedestrian* dari arah Timur = 27 orang
- Lebar efektif ruas jalan *pedestrian* = 2,5 meter

Total jumlah *pedestrian* dari arah Barat dan Timur dalam waktu 15 menit adalah 48 orang, maka nilai arus yang terjadi pada pukul 07.30-07.45 WIB adalah:

$$\text{Arus (flow)} = \frac{N}{T}$$

$$= \frac{48}{15}$$

$$= 3,2 \text{ pedestrian/min/m}$$

Untuk lebar efektif ruas jalan *pedestrian* 2,5 meter, maka perhitungan menjadi

$$\text{Arus (flow)} = \left(\frac{48}{15}\right) : 2,5$$

$$= 3,2 : 2,5$$

$$= 1,28 \text{ pedestrian /min/m}$$

Hasil perhitungan arus *pedestrian* dengan satuan *pedestrian/min/m* selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.2. Perhitungan arus pejalan kaki.

Tabel 4.2: Perhitungan arus pejalan kaki (Q)

Waktu (senin)	Jumlah Pejalan kaki		Total	Arus Pejalan Kaki (Q)		Total
	Dari Timur	Dari Barat		Dari Timur	Dari Barat	
Pagi: 07.30-07.45	21	27	48	0,56	0,72	1,28
07.45-08.00	36	25	61	0,96	0,67	1,63
08.00-08.15	27	36	63	0,72	0,96	1,68
08.15-08.30	35	34	69	0,93	0,91	1,84
08.30-08.45	33	33	66	0,88	0,88	1,76
08.45-09.00	33	24	57	0,88	0,64	1,52
09.00-09.15	35	24	59	0,93	0,64	1,57
09.15-09.30	37	32	69	0,99	0,85	1,84
Siang: 11.30-11.45	33	35	68	0,88	0,93	1,81
11.45-12.00	34	38	72	0,91	1,01	1,92
12.00-12.15	27	27	54	0,72	0,72	1,44
12.15-12.30	36	26	62	0,96	0,69	1,65
12.30-12.45	36	36	72	0,96	0,96	1,92
12.45-13.00	41	47	88	1,09	1,25	2,35
13.00-13.15	54	42	96	1,44	1,12	2,56
13.15-13.30	46	43	89	1,23	1,15	2,37
Sore: 15.00-15.15	52	39	91	1,39	1,04	2,43
15.15-15.30	34	44	78	0,91	1,17	2,08
15.30-15.45	27	40	67	0,72	1,07	1,79
15.45-16.00	24	35	59	0,64	0,93	1,57
16.00-16.15	36	27	63	0,96	0,72	1,68
16.15-16.30	33	36	69	0,88	0,96	1,84
16.30-16.45	23	36	59	0,61	0,96	1,57
16.45-17.00	24	37	61	0,64	0,99	1,63
Jumlah	817	823	1640	21,79	21,95	43,73

4.1.2 Perhitungan Data Kecepatan *Pedestrian*

Data yang digunakan dalam perhitungan kecepatan *pedestrian* adalah waktu tempuh *pedestrian* yang melewati penggal pengamatan. Untuk memudahkan pelaksanaan survei waktu tempuh, para *pedestrian* dibagi dalam empat kelompok pejalan kaki yaitu:

- Pedestrian* pria dari arah Barat
- Pedestrian* wanita dari arah Barat
- Pedestrian* pria dari arah Timur
- Pedestrian* wanita dari arah Timur

Untuk menghitung kecepatan *pedestrian* yang diamati menggunakan Pers .2.1. Dalam penelitian ini panjang penggal pengamatan adalah 155 meter. Waktu tempuh dihitung dalam satuan detik. Sedangkan satuan kecepatan yang digunakan adalah meter per menit. Karena dalam satu menit sama dengan 60 detik, maka T harus dibagi dengan 60. Untuk lebih jelasnya dinyatakan dalam Pers:

Dengan $L = 155$ meter, maka persamaan diubah menjadi:

$$V = \frac{L}{T/60}$$

$$= \frac{9300}{T}$$

Sebagai contoh perhitungan pada pukul 07.30-07.45 WIB untuk total *pedestrian* dari arah Timur dengan rata-rata lama perjalanan tercatat 111,5 detik, sehingga kecepatan *pedestrian* tersebut adalah:

$$V = \frac{9300}{111,5}$$

$$= 83,41 \text{ m/min}$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan $V = 83,41 \text{ m/min}$. Untuk perhitungan kecepatan *pedestrian* selanjutnya sama dengan cara tersebut. Hasil perhitungan kecepatan *pedestrian* selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

4.1.2.1 Kecepatan Rata-Rata Ruang (Vs)

Untuk menghitung kecepatan rata-rata ruang digunakan data dari perhitungan data kecepatan *pedestrian*. Dianalisis dengan menggunakan Pers. 2.4. Sebagai contoh perhitungan untuk kecepatan rata-rata ruang selama 15 menit pada jam 07.30-07.45 WIB sebagai berikut:

Dihitung terlebih dahulu:

- a. Total $\left(\frac{1}{V}\right)$ *pedestrian* pria dari arah Timur
- b. Total $\left(\frac{1}{V}\right)$ *pedestrian* wanita dari arah Timur
- c. Total $\left(\frac{1}{V}\right)$ *pedestrian* pria dari arah Barat
- d. Total $\left(\frac{1}{V}\right)$ *pedestrian* wanita dari arah Barat

e. Kemudian dihitung besarnya V_s dengan N adalah jumlah total banyaknya data *pedestrian* pada waktu tertentu.

$$\left(\frac{1}{V_{tpt}}\right) = \left(\frac{1}{75,61}\right) = 0,013 \text{ m/min}$$

$$\left(\frac{1}{V_{twt}}\right) = \left(\frac{1}{93}\right) = 0,011 \text{ m/min}$$

$$\left(\frac{1}{V_{tpb}}\right) = \left(\frac{1}{83,04}\right) = 0,009 \text{ m/min}$$

$$\left(\frac{1}{V_{twb}}\right) = \left(\frac{1}{78,81}\right) = 0,013 \text{ m/min}$$

Untuk banyaknya data waktu tempuh *pedestrian* adalah:

$N = N$ pria dari arah Timur + N wanita dari arah Timur + N pria dari arah Barat +
 N wanita dari arah Barat

$$= 12 + 9 + 12 + 15$$

$$= 48$$

Maka V_s (pada jam 07.30-07.45) adalah

$$V_s = \left(\frac{1}{\frac{1}{48} \times (0,013 + 0,011 + 0,009 + 0,013)}\right)$$

$$= 1052,74 \text{ m/min}$$

Untuk perhitungan kecepatan rata-rata ruang pada jam-jam lain selanjutnya digunakan perhitungan dengan cara tersebut. Hasil perhitungan pada jam-jam pengamatan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3: Perhitungan kecepatan rata-rata ruang (V_s)

Waktu (Senin)	N Pria Timur	1/V _{tpt}	N wanita Timur	1/V _{twt}	N pria Barat	1/V _{tpb}	N Wanita Barat	1/V _{twb}	V _s (m/min)
Pagi: 07.30-07.45	12	0,013	9	0,011	12	0,009	15	0,013	1052,74
07.45-08.00	18	0,013	18	0,016	12	0,009	13	0,013	1212,52
08.00-08.15	15	0,013	12	0,013	18	0,008	18	0,013	1333,11
08.15-08.30	20	0,014	15	0,013	18	0,008	16	0,013	1421,26
08.30-08.45	18	0,014	15	0,014	18	0,008	15	0,013	1323,38
08.45-09.00	15	0,013	18	0,013	9	0,008	15	0,013	1201,42
09.15-09.30	25	0,014	12	0,013	22	0,008	10	0,012	1459,94
Siang: 11.30-11.45	21	0,015	12	0,013	18	0,008	17	0,013	1391,73
12.00-12.15	12	0,013	15	0,015	11	0,009	16	0,013	1068,81
12.15-12.30	18	0,014	18	0,016	11	0,009	15	0,013	1204,09

Tabel 4.3: *Lanjutan*

Waktu (Senin)	N Pria Timur	1/Vtpt	N wanita Timur	1/Vtw	N pria Barat	1/Vtpb	N Wanita Barat	1/Vtwb	Vs (m/min)
12.30-12.45	18	0,013	18	0,015	15	0,008	21	0,014	1422,22
12.45-13.00	21	0,014	20	0,017	15	0,009	32	0,015	1632,97
13.00-13.15	36	0,015	18	0,014	22	0,007	20	0,014	1914,22
13.15-13.30	30	0,014	16	0,014	21	0,008	22	0,014	1772,38
Sore: 15.00-15.15	28	0,014	24	0,016	21	0,008	18	0,013	1772,36
15.15-15.30	22	0,014	12	0,015	18	0,008	26	0,014	1516,84
15.30-15.45	15	0,013	12	0,013	14	0,008	26	0,014	1403,98
15.45-16.00	14	0,013	10	0,010	13	0,009	22	0,014	1272,98
16.00-16.15	18	0,013	18	0,015	11	0,010	16	0,013	1233,47
16.15-16.30	12	0,013	21	0,015	17	0,008	19	0,014	1381,16
16.30-16.45	12	0,013	11	0,014	18	0,008	18	0,014	1207,53
16.45-17.00	15	0,013	9	0,010	21	0,009	16	0,013	1336,25
Jumlah	454	0,327	363	0,334	389	0,202	434	0,321	33182,67

4.1.3 Perhitungan Data Kepadatan *Pedestrian*

Kepadatan (*density*) diperoleh dari variabel-variabel yang telah dicari pada perhitungan arus (yang ditunjukkan pada Tabel 4.1 dan 4.2) dan perhitungan kecepatan rata-rata ruang (yang ditunjukkan Tabel 4.3). kepadatan dihitung dari hasil bagi kedua variabel tersebut seperti pada Pers. 2.5.

Sebagai contoh perhitungan pada jam 07.30-07.45 WIB, dimana diketahui besarnya arus (*flow*) pejalan kaki (Q) = 2,53 *pedestrian*/min/m dan besarnya kecepatan rata-rata ruang (V_s) = 1338,64 m/min, maka besarnya kepadatan adalah:

$$D = \frac{Q}{V_s} = \frac{1,28}{1052,74}$$

$$= 0,0012 \text{ pedestrian/m}^2$$

Dari perhitungan tersebut diperoleh kepadatan (D) sebesar 0,0012 *pedestrian*/m². Untuk menghitung kepadatan pada jam-jam selanjutnya digunakan cara yang sama. Hasil perhitungan kepadatan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4: Kepadatan *pedestrian*

Waktu (senin)	Q	Vs	D
Pagi: 07.30-07.45	1,28	1052,74	0,0012
07.45-08.00	1,63	1212,52	0,0013
08.00-08.15	1,68	1333,11	0,0013
08.15-08.30	1,84	1421,26	0,0013

Tabel 4.4: *Lanjutan*

Waktu (senin)	Q	Vs	D
08.30-08.45	1,76	1323,38	0,0013
08.45-09.00	1,52	1201,42	0,0013
09.00-09.15	1,57	1203,78	0,0013
09.15-09.30	1,84	1459,94	0,0013
Siang: 11.30-11.45	1,81	1391,73	0,0013
11.45-12.00	1,92	1443,54	0,0013
12.00-12.15	1,44	1068,81	0,0013
12.15-12.30	1,65	1204,09	0,0014
12.30-12.45	1,92	1422,22	0,0014
12.45-13.00	2,35	1632,97	0,0014
13.00-13.15	2,56	1914,22	0,0013
13.15-13.30	2,37	1772,38	0,0013
Sore: 15.00-15.15	2,43	1772,36	0,0014
15.15-15.30	2,08	1516,84	0,0014
15.30-15.45	1,79	1403,98	0,0013
15.45-16.00	1,57	1272,98	0,0012
16.00-16.15	1,68	1233,47	0,0014
16.15-16.30	1,84	1381,16	0,0013
16.30-16.45	1,57	1207,53	0,0013
16.45-17.00	1,63	1336,25	0,0012
Jumlah	43,73	33182,67	0,0316

4.1.4 Perhitungan Data Ruang (*Space*) *Pedestrian*

Ruang (*space*) untuk pejalan kaki dihitung dengan menggunakan Pers.2.6. Sebagai contoh perhitungan pada pukul 07.30-07.45 WIB, dimana diketahui besarnya kepadatan adalah $0,0016 \text{ pedestrian/m}^2$, maka luasnya ruang yang tersedia untuk *pedestrian* adalah sebagai berikut:

$$S = \frac{1}{D} = \frac{1}{0,0012}$$

$$= 822,45 \text{ pedestrian/m}^2$$

Dari perhitungan tersebut diperoleh luas ruang yang tersedia untuk *pedestrian* pada jam-jam lain digunakan cara yang sama. Hasil perhitungan luas ruang yang tersedia untuk *pedestrian* selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5: Perhitungan ruang (*space*) *pedestrian*

Waktu (senin)	Q	Vs	D	S
Pagi: 07.30-07.45	1,28	1052,74	0,0012	822,45
07.45-08.00	1,63	1212,52	0,0013	745,40
08.00-08.15	1,68	1333,11	0,0013	793,52
08.15-08.30	1,84	1421,26	0,0013	772,43

Tabel 4.5: *Lanjutan*

Waktu (senin)	Q	Vs	D	S
08.30-08.45	1,76	1323,38	0,0013	751,92
08.45-09.00	1,52	1201,42	0,0013	790,41
09.00-09.15	1,57	1203,78	0,0013	765,12
09.15-09.30	1,84	1459,94	0,0013	793,45
Siang: 11.30-11.45	1,81	1391,73	0,0013	767,50
11.45-12.00	1,92	1443,54	0,0013	751,84
12.00-12.15	1,44	1068,81	0,0013	742,23
12.15-12.30	1,65	1204,09	0,0014	728,28
12.30-12.45	1,92	1422,22	0,0014	740,74
12.45-13.00	2,35	1632,97	0,0014	695,87
13.00-13.15	2,56	1914,22	0,0013	747,74
13.15-13.30	2,37	1772,38	0,0013	746,79
Sore: 15.00-15.15	2,43	1772,36	0,0014	730,37
15.15-15.30	2,08	1516,84	0,0014	729,25
15.30-15.45	1,79	1403,98	0,0013	785,81
15.45-16.00	1,57	1272,98	0,0012	809,10
16.00-16.15	1,68	1233,47	0,0014	734,21
16.15-16.30	1,84	1381,16	0,0013	750,63
16.30-16.45	1,57	1207,53	0,0013	767,50
16.45-17.00	1,63	1336,25	0,0012	821,47
Jumlah	43,73	33182,67	0,0316	18284,00

4.2 Hubungan Antar Variabel

Dari hasil yang diperoleh besarnya arus (*flow*), kecepatan rata-rata ruang, ruang (*space*) untuk *pedestrian* dapat diambil suatu hubungan bervariasi antara variabel tersebut. Jenis variasi hubungan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Hubungan antara kecepatan (V_s) dengan kepadatan (D)
2. Hubungan antara arus (Q) dengan kepadatan (D)
3. Hubungan antara arus (Q) dengan kecepatan (V_s)

4.2.1 Perhitungan Metode *Greenshield*

4.2.1.1 Hubungan antara Kecepatan dan kepadatan

Hubungan kecepatan dan kepadatan dihitung dengan menggunakan metode regresi linier sesuai dengan cara yang digunakan oleh *Greenshield* yaitu dengan menggambarkan data kepadatan sebagai variabel bebas (X) dan data kecepatan rata-rata ruang sebagai variabel terikat (Y).

Tabel 4.6: Hasil perhitungan regresi linier

No	Waktu (senin)	D = X	Vs = Y	X ²	Y ²	XY
1	Pagi: 07.30-07.45	0,0012	1052,74	0,000001	1108264,70	1,28
2	07.45-08.00	0,0013	1212,52	0,000002	1470198,50	1,63
3	08.00-08.15	0,0013	1333,11	0,000002	1777171,08	1,68
4	08.15-08.30	0,0013	1421,26	0,000002	2019986,98	1,84
5	08.30-08.45	0,0013	1323,38	0,000002	1751325,56	1,76
6	08.45-09.00	0,0013	1201,42	0,000002	1443406,97	1,52
7	09.00-09.15	0,0013	1203,78	0,000002	1449090,27	1,57
8	09.15-09.30	0,0013	1459,94	0,000002	2131426,25	1,84
9	Siang: 11.30-11.45	0,0013	1391,73	0,000002	1936899,46	1,81
10	11.45-12.00	0,0013	1443,54	0,000002	2083809,30	1,92
11	12.00-12.15	0,0013	1068,81	0,000002	1142348,95	1,44
12	12.15-12.30	0,0014	1204,09	0,000002	1449822,39	1,65
13	12.30-12.45	0,0014	1422,22	0,000002	2022706,95	1,92
14	12.45-13.00	0,0014	1632,97	0,000002	2666594,17	2,35
15	13.00-13.15	0,0013	1914,22	0,000002	3664255,26	2,56
16	13.15-13.30	0,0013	1772,38	0,000002	3141319,78	2,37
17	Sore: 15.00-15.15	0,0014	1772,36	0,000002	3141245,86	2,43
18	15.15-15.30	0,0014	1516,84	0,000002	2300818,51	2,08
19	15.30-15.45	0,0013	1403,98	0,000002	1971161,77	1,79
20	15.45-16.00	0,0012	1272,98	0,000002	1620479,00	1,57
21	16.00-16.15	0,0014	1233,47	0,000002	1521457,33	1,68
22	16.15-16.30	0,0013	1381,16	0,000002	1907600,50	1,84
23	16.30-16.45	0,0013	1207,53	0,000002	1458120,03	1,57
24	16.45-17.00	0,0012	1336,25	0,000001	1785571,22	1,63
	Jumlah	0,0316	33182,67	0,000042	46965080,79	43,73

Hubungan antara variabel-variabel tersebut membentuk suatu persamaan linear seperti pada pers. Dimana a dan b dapat dihitung menggunakan Pers. regresi linear 2.24 dan 2.25.

Untuk menghitung variabel a dan b digunakan data-data dari Tabel 4.6. Contoh perhitungan regresi linear sebagai berikut:

$$a = \frac{(\sum Y * \sum X^2) - (\sum X * \sum XY)}{(n * \sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$= \frac{(33182,67 * 0,000042) - (0,0316 * 43,73)}{(24 * 0,000042) - (0,0316)^2}$$

$$= -646,30$$

$$b = \frac{(n * \sum XY) - (\sum X * \sum Y)}{(n * \sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$= \frac{(24 * 43,73) - (0,0316 * 33182,67)}{(24 * 0,000042) - (0,0316)^2}$$

$$= 1543139,43$$

Maka persamaan linier yang didapat sebagai berikut:

$$Y = 1543139,43 X - 646,30$$

Atau dalam hubungan kecepatan dan kepadatan dituliskan sebagai berikut:

$$V_s = 1543139,43 D - 646,30$$

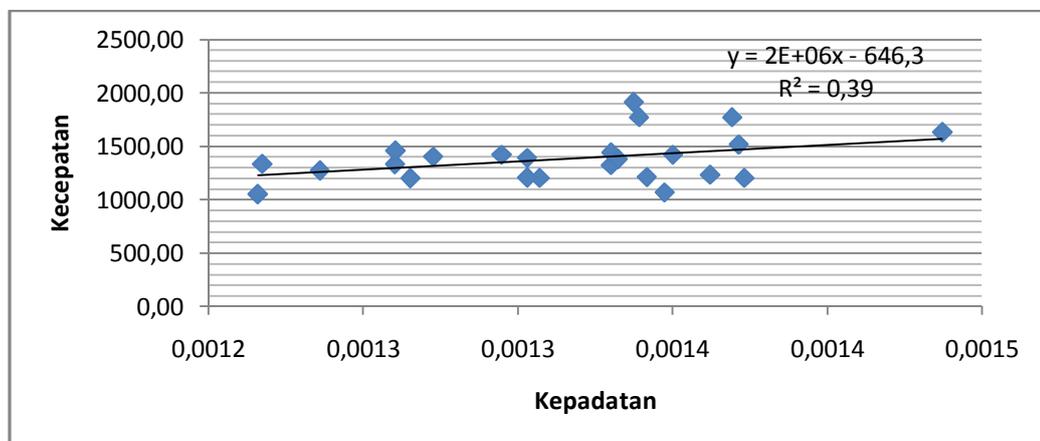
Untuk memperoleh koefisien korelasi yang terjadi pada regresi linier dihitung menggunakan pers. 2.22. sehingga nilai korelasi yang diperoleh adalah:

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

$$r = \frac{(24 * 43,73) - (0,0316 * 33182,67)}{\sqrt{\{(24 * 0,000042) - (0,0316)^2\} * \{(24 * 46965080,79) - (33182,67)^2\}}}$$

$$= 0,39$$

Dari perhitungan didapatkan harga $r = 0,39$. Harga korelasi positif yang berarti menunjukkan, apabila nilai kepadatan rendah maka kecepatan akan bertambah karena ruang pejalan kaki semakin luas demikian pula sebaliknya.



Gambar 4.1: Grafik hubungan antara kecepatan-kepadatan

4.2.1.2 Hubungan Antara Arus (*Flow*) dengan Kepadatan

Dari persamaan yang dihasilkan dari perhitungan yang menggunakan regresi linier akan didapatkan hubungan antara kepadatan dan kecepatan. Pers. dasar hubungan kecepatan-kepadatan seperti pada Pers. 2.8.

Sedangkan dari perhitungan menggunakan regresi linier didapat persamaan $V_s = 1543139,43 D - 646,30$

sehingga dari persamaan tersebut diketahui:

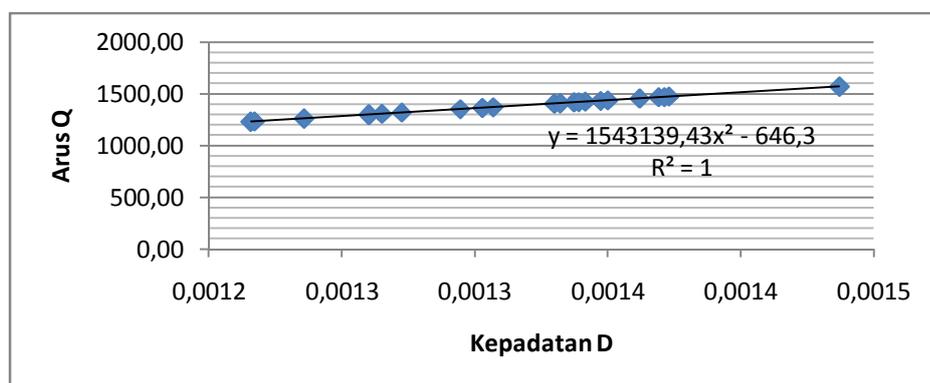
$$V_f = 646,3$$

$$\frac{V_f}{D_j} = 1543139,43$$

Dengan mensubsitusikan variabel dari hasil persamaan regresi tersebut maka diketahui hubungan arus (*flow*) dan kepadatan membentuk persamaan sebagai berikut:

$$Q = 1543139,43 D^2 - 646,30$$

Dari fungsi persamaan tersebut dapat dibuat grafik hubungan antara kepadatan dan arus (*flow*), dimana data kepadatan digambarkan sebagai variabel X dan data arus (*flow*) sebagai variabel Y.



Gambar 4.2: Grafik hubungan arus-kepadatan

4.2.1.3 Hubungan antara Arus (*flow*) dengan Kecepatan

Berdasarkan hasil perhitungan pada hubungan antara kecepatan dan kepadatan diketahui bahwa $V_f = 646,30$

$$\frac{Vf}{Dj} = 1543139,43$$

Dengan mensubsitusikan Vf, didapat:

$$\frac{1543139,43}{Dj} = 646,30 \text{ sehingga diperoleh } Dj = 2387,7$$

Dari hasil perhitungan tersebut didapat bahwa kepadatan pada saat macet atau Dj adalah sebesar 2387,7 *pedestrian/m²*. Untuk mengetahui hubungan kecepatan dan arus (*flow*) akan dibentuk menggunakan Pers. 2.10.

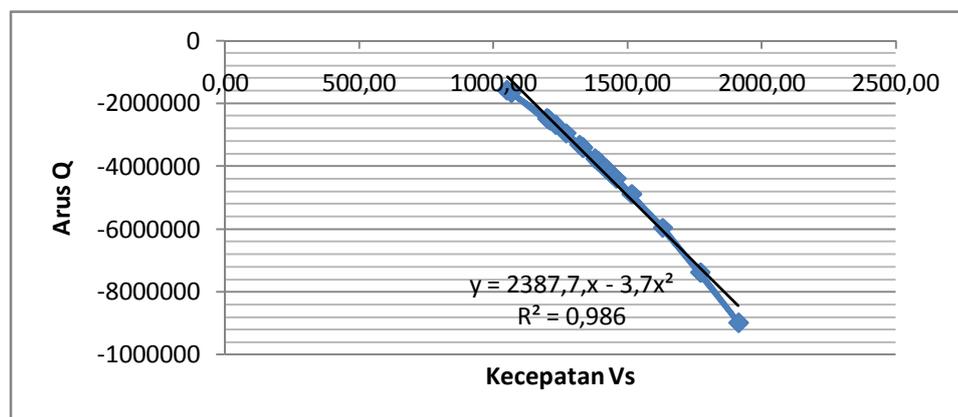
Karena harga kepadatan pada saat macet (Dj) dan kecepatan rata-rata ruang dalam keadaan arus bebas (Vf) telah diketahui, maka:

$$\frac{Dj}{Vf} = \frac{2387,7}{646,3} = 3,7$$

Dengan mensubsitusikan variabel-variabel tersebut diperoleh persamaan parabola hubungan arus (*flow*) dan kecepatan sebagai berikut:

$$Q = 2387,7 Vs - 3,7 Vs^2$$

Dari persamaan tersebut dibuat grafik hubungan antara kecepatan dengan arus (*flow*), dimana data kecepatan sebagai variabel X dan arus (*flow*) sebagai variabel Y. Grafik dapat dilihat pada gambar 4.3



Gambar 4.3: Grafik hubungan antara kecepatan-arus

4.2.1.4 Variabel Arus (*Flow*) Maksimum *Pedestrian*

Untuk mencari besarnya arus maksimum digunakan Pers.2.27 yang terlebih dahulu dicari besarnya kepadatan pada saat arus maksimum (D_m) dan besarnya kecepatan pada saat arus maksimum (V_m).

Nilai kepadatan pada saat arus maksimum (D_m) dapat dicari dengan menggunakan Pers.2.24. Dari perhitungan sebelumnya didapatkan bahwa kepadatan pada saat macet (D_j) sebesar $2387,7 \text{ pedestrian}/m^2$, maka besarnya nilai kepadatan pada saat arus maksimum (D_m) adalah:

$$D_m = \frac{D_j}{2} = \frac{2387,7}{2}$$
$$= 1193,9 \text{ pedestrian}/m^2$$

Untuk mencari besarnya kecepatan pada saat arus maksimum (V_m) digunakan Pers. 2.25. Dari perhitungan sebelumnya didapatkan nilai kecepatan pada saat arus bebas (V_f) sebesar $646,3 \text{ m}/\text{min}$, maka nilai kecepatan pada saat arus maksimumnya (V_m) adalah:

$$V_m = \frac{V_f}{2} = \frac{646,3}{2}$$
$$= 323,2 \text{ m}/\text{min}$$

Jadi besarnya arus (*Flow*) maksimum (Q_m) dapat dihitung.

$$Q_m = V_m \times D_m$$

$$Q_m = 323,2 \times 1193,9$$
$$= 385808,8 \text{ pedestrian}/\text{min}/m$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan nilai arus maksimum (Q_m) sebesar $385808,8 \text{ pedestrian}/\text{min}/m$

4.2.1.5 Kapasitas Ruas Jalan Pengamatan

Untuk mengetahui apakah arus terbesar yang ada pada suatu penggal trotoar masih dapat ditampung oleh kapasitas dari trotoar yang ada, maka terlebih dahulu harus diketahui kapasitas dari penggal trotoar pengamatan. Dalam menentukan besarnya kapasitas pada suatu trotoar belum ada suatu rumusan tertentu seperti yang digunakan dalam menentukan besarnya kapasitas pada jalan, maka untuk mencarinya besarnya kapasitas pada trotoar dapat dinyatakan dengan besarnya arus (*flow*) maksimum pada penggal ruas pengamatan. Pada studi kasus kali ini

diketahui besarnya arus (*flow*) maksimum pejalan kaki di *pedestrian road* Lapangan Merdeka, Pematang Siantar sebesar 24,22 *pedestrian*/min/m.

Tabel 4.7: Ringkasan hubungan antar variabel menurut metode *Greenshield*

Hubungan antar variabel	Hasil
Kecepatan (V_s)-Kepadatan (D)	$V_s = 1543139,43 D - 646,30$
Arus (Q)-Kepadatan (D)	$Q = 1543139,43 D^2 - 646,30$
Arus (Q)-Kecepatan (V_s)	$Q = 2387,7 V_s - 3,7 V_s^2$

4.2.2 Perhitungan Metode Greenberg

4.2.2.1 Hubungan antara Kecepatan dengan Kepadatan

Hubungan kecepatan-kepadatan dihitung dengan menggunakan regresi linier sesuai dengan cara yang digunakan oleh Greenberg yaitu dengan menggambarkan data \log_e kepadatan sebagai variabel bebas (X) dan kecepatan rata-rata ruang sebagai variabel terikat (Y).

Tabel 4.8: Hasil perhitungan regresi linier

No	Waktu (senin)	D	$X = \log D$	$Y = V_s$	X^2	Y^2	XY
1	Pagi: 07.30-07.45	0,0012	-2,92	1052,74	8,50	1108264,70	-3068,86
2	07.45-08.00	0,0013	-2,87	1212,52	8,25	1470198,50	-3482,82
3	08.00-08.15	0,0013	-2,90	1333,11	8,41	1777171,08	-3865,41
4	08.15-08.30	0,0013	-2,89	1421,26	8,34	2019986,98	-4104,40
5	08.30-08.45	0,0013	-2,88	1323,38	8,27	1751325,56	-3806,26
6	08.45-09.00	0,0013	-2,90	1201,42	8,40	1443406,97	-3481,53
7	09.00-09.15	0,0013	-2,88	1203,78	8,32	1449090,27	-3471,38
8	09.15-09.30	0,0013	-2,90	1459,94	8,41	2131426,25	-4233,12
9	Siang: 11.30-11.45	0,0013	-2,89	1391,73	8,32	1936899,46	-4015,23
10	11.45-12.00	0,0013	-2,88	1443,54	8,27	2083809,30	-4151,81
11	12.00-12.15	0,0013	-2,87	1068,81	8,24	1142348,95	-3068,05
12	12.15-12.30	0,0014	-2,86	1204,09	8,19	1449822,39	-3446,45
13	12.30-12.45	0,0014	-2,87	1422,22	8,23	2022706,95	-4081,29
14	12.45-13.00	0,0014	-2,84	1632,97	8,08	2666594,17	-4641,76
15	13.00-13.15	0,0013	-2,87	1914,22	8,26	3664255,26	-5501,01
16	13.15-13.30	0,0013	-2,87	1772,38	8,26	3141319,78	-5092,39
17	Sore: 15.00-15.15	0,0014	-2,86	1772,36	8,20	3141245,86	-5075,21
18	15.15-15.30	0,0014	-2,86	1516,84	8,20	2300818,51	-4342,54
19	15.30-15.45	0,0013	-2,90	1403,98	8,38	1971161,77	-4064,97
20	15.45-16.00	0,0012	-2,91	1272,98	8,46	1620479,00	-3701,83

Tabel 4.8: *Lanjutan*

No	Waktu (senin)	D	X = log D	Y = Vs	X ²	Y ²	XY
21	16.00-16.15	0,0014	-2,87	1233,47	8,21	1521457,33	-3534,91
22	16.15-16.30	0,0013	-2,88	1381,16	8,27	1907600,50	-3971,42
23	16.30-16.45	0,0013	-2,89	1207,53	8,32	1458120,03	-3483,81
24	16.45-17.00	0,0012	-2,91	1336,25	8,49	1785571,22	-3894,63
	Jumlah	0,0316	-69,16	33182,67	199,28	46965080,79	-95581,10

Hubungan variabel-variabel tersebut membentuk suatu persamaan linier seperti persamaan dimana a dan b dapat dihitung menggunakan pers. regresi linier 2.24 dan 2.25.

Untuk menghitung variabel a dan b digunakan data dari Tabel 4.8. Contoh perhitungan regresi linier sebagai berikut.

$$a = \frac{(\sum Y * \sum X^2) - (\sum X * \sum XY)}{(n * \sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$a = \frac{(33182,67 * 199,28) - (-69,16 * (-95581,1))}{(24 * 199,28) - (-69,16)^2}$$

$$= 14782,94$$

$$b = \frac{(n * \sum XY) - (\sum X * \sum Y)}{(n * \sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$b = \frac{(24 * (-95581,10)) - (-69,16 * 33182,67)}{(24 * 33182,67) - (-69,16)^2}$$

$$= 12816362,71$$

Maka persamaan linier yang didapat adalah:

$Y = 14782,94 + 12816362,71 X$ atau dalam hubungan kecepatan dan kepadatan dituliskan sebagai:

$$Vs = 14782,94 + 12816362,71 D$$

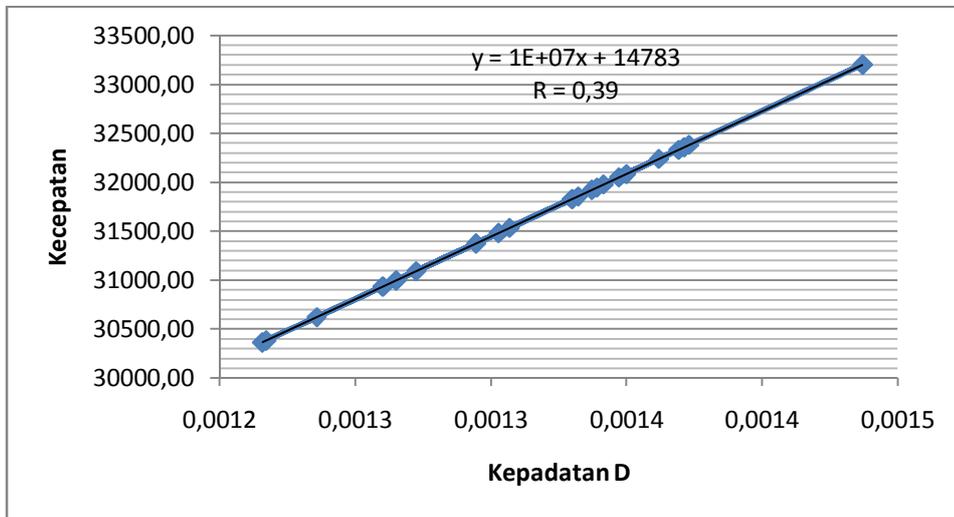
Untuk memperoleh nilai koefisien korelasi yang terjadi pada regresi linier dihitung menggunakan Pers. 2.22. Sehingga nilai korelasi yang diperoleh adalah:

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

$$r = \frac{(24x(-95581,10)) - (-69,16x33182,67)}{\sqrt{\{(24x33182,67) - (-69,16)^2\}x\{(6965080,79) - (33182,67)^2\}}}$$

= 0,39

Dari perhitungan didapatkan harga $r = 0,39$. Dari Harga korelasi positif yang berarti menunjukkan, apabila nilai kepadatan rendah maka kecepatan akan bertambah karena ruang pejalan kaki semakin luas demikian pula sebaliknya.



Gambar 4.4: Grafik hubungan antara kecepatan dan kepadatan

4.2.2.2 Hubungan antara Arus (*Flow*) dengan Kepadatan (*Density*)

Dari persamaan yang dihasilkan dari perhitungan yang menggunakan regresi linier akan didapatkan hubungan antara kepadatan dan kecepatan. Rumus dasar hubungan kepadatan-kecepatan seperti pada Pers. 2.11.

Sedangkan dari perhitungan dengan menggunakan regresi linier didapatkan pers. $V_s = 14782,94 + 12816362,71 \ln D$

Sehingga dari persamaan tersebut diketahui:

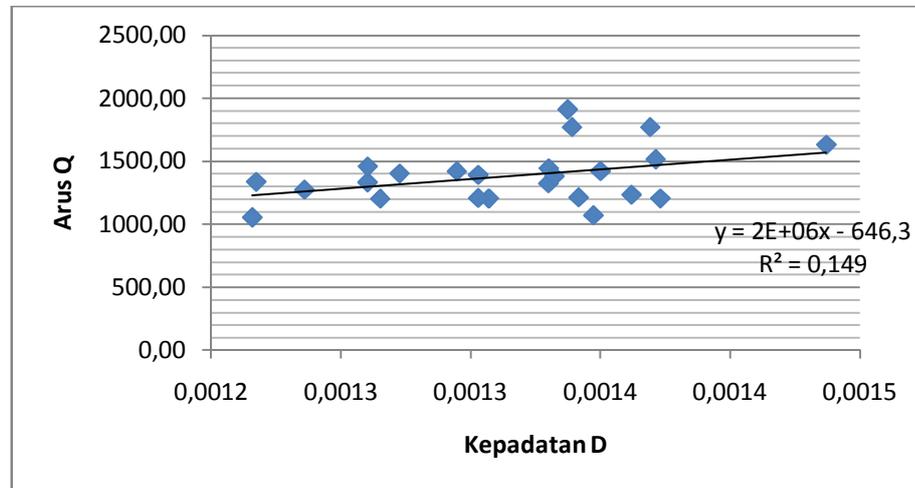
$$\frac{\ln D}{b} = 14782,94$$

$$\frac{\ln C}{b} = 12816362,71$$

Untuk hubungan antara arus (*flow*) dan kepadatan (*density*), Greenberg memberikan persamaan seperti pada Pers. 2.12. Dengan mensubstitusikan variabel dari hasil persamaan regresi tersebut maka diketahui hubungan arus (*flow*) dan kepadatan membentuk Pers. berikut:

$$Q = 14782,94 + 12816362,71 \ln D$$

Dari fungsi persamaan tersebut dapat dibuat grafik hubungan antara kepadatan (*density*) dan arus (*flow*), dimana data kepadatan digunakan sebagai variabel X dan data arus digunakan sebagai variabel Y.



Gambar 4.5: Grafik hubungan antara arus-kepadatan

4.2.2.3 Hubungan antara arus (*flow*) dengan Kecepatan

Berdasarkan hasil perhitungan pada hubungan antara kecepatan-kepadatan diketahui bahwa:

$$b = \frac{1}{B}$$

$$b = \frac{1}{12816362,71}$$

$$= 0,00000008$$

$$C = e^{\frac{-A}{B}}$$

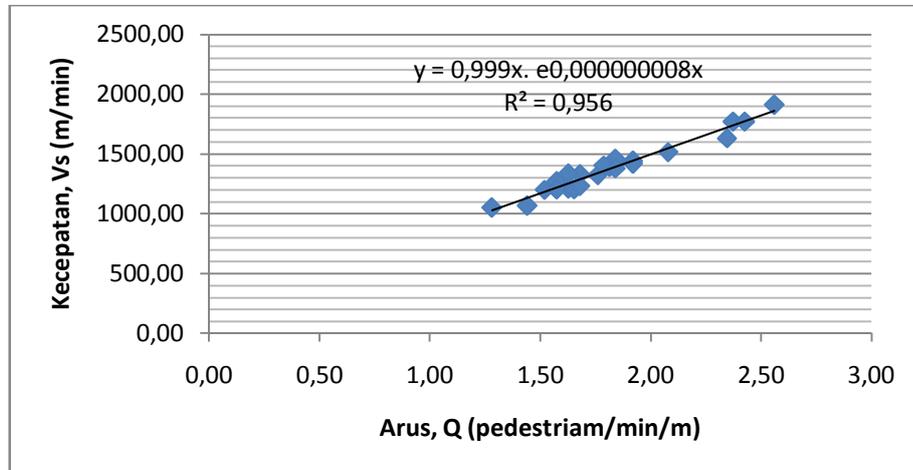
Dengan nilai e (Exponen) = 2,7182818, maka:

$$C = e^{\frac{-A}{B}} = 0,999$$

Dengan mensubstitusikan variabel-variabel tersebut diperoleh persamaan parabola hubungan arus (*flow*) dan kecepatan sebagai berikut:

$$Q = 0,999 V_s e^{0,00000008 S}$$

Dari persamaan tersebut dibuat grafik hubungan antara kecepatan dengan arus (*flow*), dimana data kecepatan sebagai variabel X dan arus (*flow*) sebagai variabel Y. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.6: Grafik hubungan arus dengan kecepatan

4.2.2.4 Variabel Arus (*Flow*) Maksimum *Pedestrian*

Untuk mencari besarnya arus (*flow*) maksimum digunakan Pers. 2.32 yang terlebih dahulu dicari besarnya kepadatan pada saat arus maksimum (D_m) dan besarnya kecepatan pada saat arus maksimum (V_m).

Nilai kepadatan pada saat arus maksimum (D_m) dapat dicari dengan menggunakan Pers. 2.30.

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan nilai $\ln c = -0,0012 \text{ pedestrian}/m^2$, dan nilai e (Exeponen) = 2,7182818.

Maka besarnya nilai kepadatan pada saat arus maksimum (D_m) adalah :

$$D_m = e^{\ln c - 1}$$

$$D_m = 2,7182818^{-0,0012 - 1} \text{ pedestrian}/m^2$$

$$D_m = 0,37/m^2$$

Perhitungan tersebut menunjukkan bahwa kepadatan pada saat arus maksimum (D_m) adalah sebesar $0,37 \text{ pedestrian}/m^2$.

Untuk mencari besarnya kecepatan pada saat arus maksimum (V_m) digunakan pers. 2.31. Dari perhitungan sebelumnya didapatkan nilai $b = 0,00000008$, maka nilai kecepatan pada saat arus maksimumnya (V_m) adalah:

$$V_m = -\frac{1}{b}$$

$$V_m = -\frac{1}{0,00000008} = -12500000 \text{ m/min.}$$

Perhitungan tersebut menunjukkan bahwa kecepatan pada saat arus maksimum (V_m) adalah sebesar 12500000m/min.

Jadi besarnya arus (*flow*) maksimum (Q_m) dapat dihitung sebagai berikut:

$$Q_m = V_m \times D_m$$

$$Q_m = 12500000 \times 0,37$$

$$Q_m = 4625000 \text{ pedestrian/min/m}$$

4.2.2.5 Kapasitas Ruas Jalan Pengamatan

Untuk mengetahui apakah arus terbesar yang ada pada suatu penggal trotoar masih dapat ditampung oleh kapasitas dari trotoar yang ada, maka terlebih dahulu harus diketahui kapasitas dari penggal trotoar pengamatan.

Dalam menentukan besarnya kapasitas pada suatu trotoar belum ada suatu rumusan tertentu seperti yang digunakan dalam menentukan besarnya kapasitas pada jalan, maka untuk mencari besarnya kapasitas pada trotoar dapat dinyatakan dengan besarnya arus (*flow*) maksimum pada penggal ruas jalan pengamatan.

Pada studi kasus kali ini diketahui besarnya arus (*flow*) maksimum pejalan kaki di *pedestrian road* Lapangan Merdeka, Pematang Siantar sebesar 46250000pedestrian/min/m.

Tabel 4.9: Ringkasan hubungan antar variabel menurut metode *Greenberg*

Hubungan antar variabel	Hasil
Kecepatan (V_s)-Kepadatan (D)	$V_s = 14782,94 + 12816362,71 D$
Arus (Q)-Kepadatan (D)	$Q = 14782,94 + 12816362,71 \ln D$
Arus (Q)-Kecepatan (V_s)	$Q = 0,999 V_s \cdot e^{0,00000008 S}$

4.2.3 Perhitungan Metode Underwood

4.2.3.1 Hubungan antara Kecepatan dan Kepadatan

Hubungan kecepatan-kepadatan dihitung dengan menggunakan metode regresi linier sesuai dengan cara yang digunakan oleh Underwood yaitu dengan menggambarkan data kepadatan sebagai variabel bebas (X) dan kecepatan rata-rata ruang sebagai variabel (Y).

Tabel 4.10: Hasil perhitungan regresi linier

No	Waktu (senin)	S	D=X	Y= ln S	X ²	Y ²	XY
1	Pagi: 07.30-07.45	822,45	0,0012	6,71	0,000001	45,05	0,01
2	07.45-08.00	745,40	0,0013	6,61	0,000002	43,74	0,01
3	08.00-08.15	793,52	0,0013	6,68	0,000002	44,58	0,01
4	08.15-08.30	772,43	0,0013	6,65	0,000002	44,22	0,01
5	08.30-08.45	751,92	0,0013	6,62	0,000002	43,86	0,01
6	08.45-09.00	790,41	0,0013	6,67	0,000002	44,52	0,01
7	09.00-09.15	765,12	0,0013	6,64	0,000002	44,09	0,01
8	09.15-09.30	793,45	0,0013	6,68	0,000002	44,57	0,01
9	Siang: 11.30-11.45	767,50	0,0013	6,64	0,000002	44,13	0,01
10	11.45-12.00	751,84	0,0013	6,62	0,000002	43,86	0,01
11	12.00-12.15	742,23	0,0013	6,61	0,000002	43,69	0,01
12	12.15-12.30	728,28	0,0014	6,59	0,000002	43,44	0,01
13	12.30-12.45	740,74	0,0014	6,61	0,000002	43,66	0,01
14	12.45-13.00	695,87	0,0014	6,55	0,000002	42,84	0,01
15	13.00-13.15	747,74	0,0013	6,62	0,000002	43,79	0,01
16	13.15-13.30	746,79	0,0013	6,62	0,000002	43,77	0,01
17	Sore: 15.00-15.15	730,37	0,0014	6,59	0,000002	43,47	0,01
18	15.15-15.30	729,25	0,0014	6,59	0,000002	43,45	0,01
19	15.30-15.45	785,81	0,0013	6,67	0,000002	44,45	0,01
20	15.45-16.00	809,10	0,0012	6,70	0,000002	44,84	0,01
21	16.00-16.15	734,21	0,0014	6,60	0,000002	43,54	0,01
22	16.15-16.30	750,63	0,0013	6,62	0,000002	43,84	0,01
23	16.30-16.45	767,50	0,0013	6,64	0,000002	44,13	0,01
24	16.45-17.00	821,47	0,0012	6,71	0,000001	45,04	0,01
	Jumlah	18284,00	0,0316	159,24	0,000042	1056,57	0,21

Hubungan variabel-variabel tersebut membentuk suatu persamaan linier seperti pada persamaan dimana a dan b dapat dihitung dengan menggunakan pers. regresi linier 2.24 dan 2.25.

Untuk menghitung variabel a dan b digunakan data-data Tabel 4.10. Contoh perhitungan regresi linier sebagai berikut:

$$a = \frac{(\sum Y * \sum X^2) - (\sum X * \sum XY)}{(n * \sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$a = \frac{(159,24 * 0,000042) - (0,0316 * 0,21)}{(24 * 0,000042) - (0,0316)^2}$$

$$= 7,64$$

$$b = \frac{(n * \sum XY) - \sum X * \sum Y}{(n * \sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$b = \frac{(24 * 0,21) - (0,0316 * 159,24)}{(24 * 0,000042) - (0,0316)^2}$$

$$= -763$$

Maka persamaan linier yang didapat adalah:

$$Y = 7,64 - 763 X$$

Atau dalam hubungan kecepatan kepadatan dituliskan sebagai berikut:

$$\ln V_s = 7,64 - 763 D$$

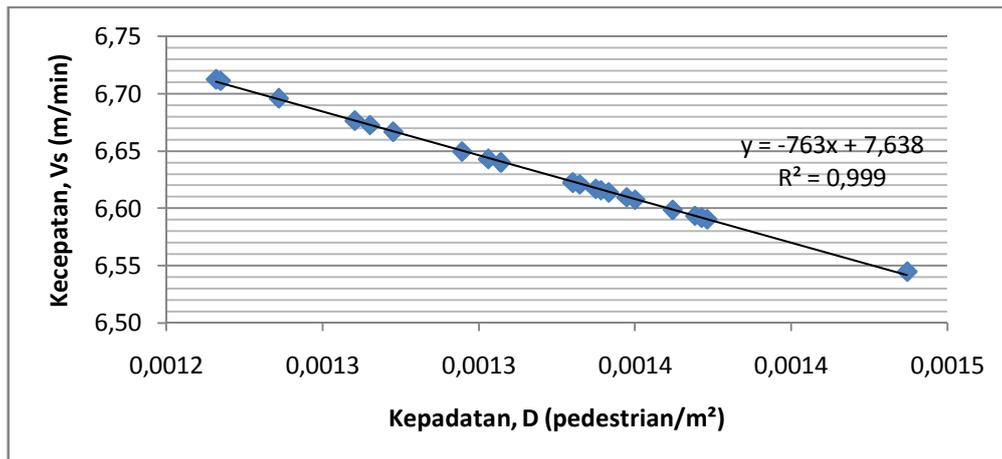
Untuk memperoleh koefisien korelasi yang terjadi pada regresi linier dihitung menggunakan Pers. 2.22. Sehingga nilai korelasi yang diperoleh adalah:

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

$$r = \frac{(24 * 0,21) - (0,0316 * 159,24)}{\sqrt{\{(24 * 0,000042) - (0,0316)^2\} * \{(24 * 1056,57) - (159,24)^2\}}}$$

$$= -0,999$$

Dari perhitungan didapatkan harga r = -0,999. Harga korelasi negatif antara kepadatan dan kecepatan menunjukkan bahwa pada saat kepadatan bertambah maka kecepatan akan menurun dan begitu pula sebaliknya.



Gambar 4.7: Grafik hubungan kecepatan-kepadatan

4.2.3.2 Hubungan antara Arus (*flow*) dengan Kepadatan (*density*)

Dari persamaan yang dihasilkan dari perhitungan yang menggunakan regresi linier akan didapatkan hubungan antara kepadatan dan kecepatan. Rumus dasar hubungan kecepatan-kepadatan seperti pada Pers.2.15

Sedangkan dari perhitungan dengan menggunakan regresi linier didapatkan persamaan:

$$V_s = 7,64 - 763 D$$

Sehingga dari persamaan tersebut diketahui:

Untuk $e = 2,7182818$

$$\text{Maka, } V_f = e^A$$

$$= 2,7182818^{7,64}$$

$$= 2079,74$$

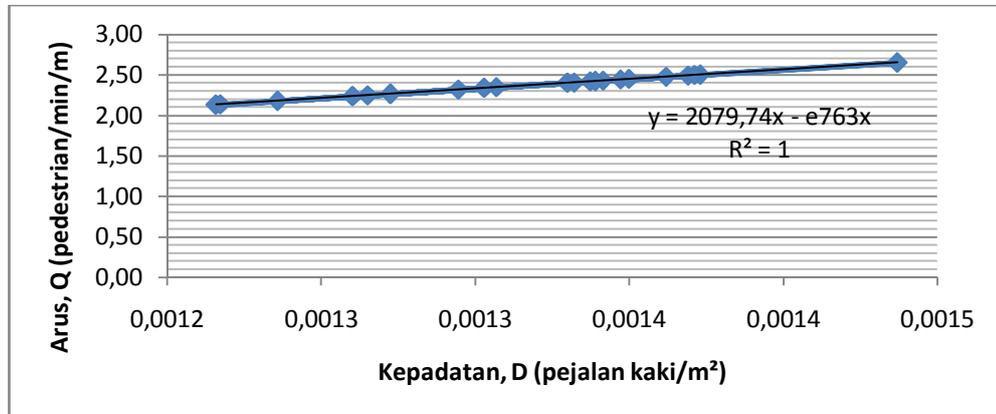
$$B = -763$$

Untuk hubungan antara arus (*flow*) dan kepadatan (*density*), Underwood memberikan pers. seperti pada Pers.2.16. Dengan mensubstitusikan variabel dari hasil persamaan regresi tersebut maka diketahui hubungan arus (*flow*) dan kepadatan (*density*) membentuk pers. sebagai berikut:

$$Q = V_f \times D - e^{B \times D}$$

$$Q = 2079,74 \times D - e^{-763D}$$

Dari fungsi persamaan tersebut dapat dibuat grafik hubungan antara kepadatan dan arus (*flow*), dimana data kepadatan digambarkan sebagai variabel X dan data arus (*flow*) sebagai variabel Y.



Gambar 4.8: Grafik hubungan arus-kepadatan

4.2.3.3 Hubungan antar Arus (*flow*) dengan Kecepatan

Berdasarkan hasil perhitungan pada hubungan antara kecepatan-kepadatan diketahui bahwa:

$$\ln Vf = 7,64$$

$$Q = Vs \times Dm (\ln Vf - \ln Vs)$$

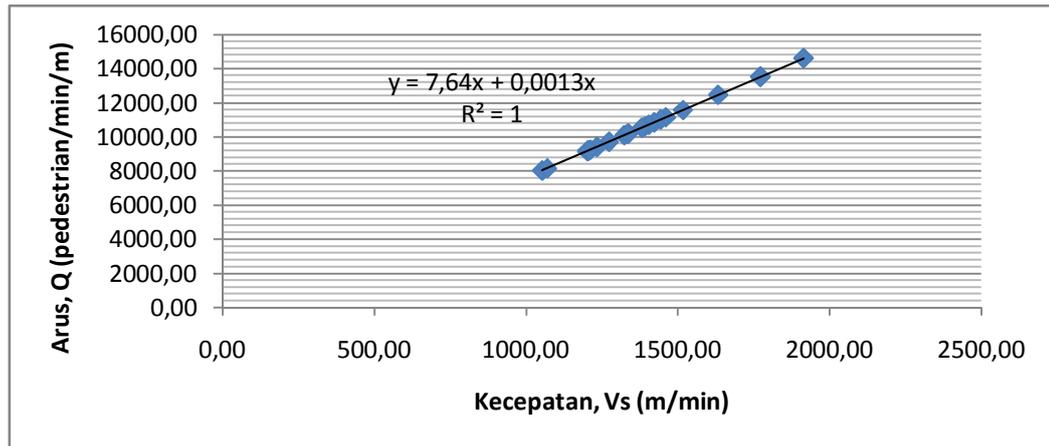
$$Dm = \frac{1}{B} = \frac{1}{-763}$$

$$= 0,0013$$

Dengan mensubstitusikan variabel-variabel tersebut diperoleh Pers. parabola hubungan arus dan kecepatan.

$$Q = 7,64 Vs - 0,0013 Vs \ln Vs$$

Dari persamaan tersebut dibuat grafik hubungan antara kecepatan dengan arus (*flow*), dimana data kecepatan sebagai variabel X dan arus (*flow*) sebagai variabel Y. Garfik dapat dilihat pada Gambar 4.17.



Gambar 4.9: Grafik hubungan arus-kecepatan

4.2.3.4 Variabel Arus (*flow*) Maksimum *Pedestrian*

Untuk mencari besarnya arus (*flow*) maksimum digunakan Pers. 2.32 yang terlebih dahulu dicari besarnya kepadatan pada saat arus maksimum (D_m) dan besarnya kecepatan pada saat arus maksimum (V_m). Nilai kepadatan pada saat arus maksimum (D_m) dapat dicari dengan menggunakan Pers. 2.29. Dari perhitungan sebelumnya didapatkan bahwa nilai pada lajur Utara sebesar $B = -763 \text{ pedestrian/m}^2$, maka besarnya nilai kepadatan pada saat arus maksimum (D_m) adalah:

$$D_m = \frac{1}{-B} = \frac{1}{763} \\ = 0,0013 \text{ pedestrian/m}^2$$

Perhitungan tersebut menunjukkan bahwa kepadatan pada saat arus maksimum (D_m) adalah sebesar $0,0013 \text{ pedestrian/m}^2$. Untuk mencari besarnya kecepatan pada saat arus maksimum (V_m) digunakan Pers.2.31.

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan nilai kecepatan pada saat arus bebas (V_f) sebesar $2079,74 \text{ m/min}$, maka nilai kecepatan pada saat arus maksimumnya (V_m) adalah:

$$V_m = e^{(\ln V_f)^{-1}} = e^{(7,64)^{-1}} = 765,09 \text{ m/min}$$

Perhitungan tersebut menunjukkan bahwa kecepatan pada saat arus maksimum (V_m) adalah sebesar $2186,4 \text{ m/min}$. Jadi besarnya arus (*flow*) maksimum (Q_m) dapat dihitung sebagai berikut:

$$Q_m = V_m \times D_m$$

$$Q_m = 765,09 \times 0,0013$$

$$Q_m = 0,99 \text{ pedestrian/min/m}$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan nilai arus (*flow*) maksimum (Q_m) sebesar 0,99 pedestrian/min/m.

4.2.3.5 Kapasitas Ruas Jalan Pengamatan

Untuk mengetahui apakah arus terbesar yang ada pada suatu penggal trotoar masih dapat ditampung oleh kapasitas dari trotoar yang ada, maka terlebih dahulu harus diketahui kapasitas dari penggal trotoar pengamatan.

Dalam menentukan besarnya kapasitas pada suatu trotoar belum ada suatu rumusan tertentu seperti yang digunakan dalam menentukan besarnya kapasitas pada jalan, maka untuk mencari besarnya kapasitas pada trotoar dapat dinyatakan dengan besarnya arus (*flow*) maksimum pada penggal ruas jalan pengamatan.

Pada studi kasus kali ini diketahui besarnya arus (*flow*) maksimum pejalan kaki di *pedestrian road* Lapangan Merdeka, Pematang Siantar sebesar 0,16 pedestrian/min/m.

Tabel 4.11: Ringkasan hubungan antar variabel menurut metode *Underwood*

Hubungan antar variabel	Hasil
Kecepatan (V_s)-Kepadatan (D)	$V_s = 7,64 - 763 D$
Arus (Q)-Kepadatan (D)	$Q = 2079,74 \times D - e^{-763D}$
Arus (Q)-Kecepatan (V_s)	$Q = 7,64 V_s - 0,0013 V_s \ln V_s$

4.3 Tingkat pelayanan

Untuk menentukan tingkat pelayanan ruas jalan pejalan kaki di *pedestrian road* Lapangan Merdeka, Pematang Siantar digunakan dua cara sebagai perbandingan.

- a. Berdasarkan pada arus (*flow*) pejalan kaki pada interval 15 menit yang terbesar. Untuk menghitung nilai arus *pedestrian* pada interval 15 menit yang terbesar digunakan Pers. 2.33.

Untuk mengetahui jumlah *pedestrian* terbanyak pada interval 15 menit didapat dari hasil perhitungan Tabel 4.1, dimana jumlah *pedestrian* maksimum terjadi pada pukul 13.00-13-15 yaitu sebanyak 96*pedestrian*.

Untuk menentukan lebar efektif trotoar didapat dari hasil pengukuran dilapangan yaitu sebesar 2,5 meter. Sehingga besarnya arus *pedestrian* pada interval 15 menit adalah:

$$Q_{15} = \frac{Nm}{5WE} = \frac{96}{5 \times 2,5}$$

$$Q_{15} = 7,68 \text{ pedestrian/min/m}$$

Dari perhitungan didapatkan besarnya arus *pedestrian* pada interval 15 menit yang terbesar tersebut, maka tingkat pelayanan pejalan kaki di *pedestrian road* Lapangan Merdeka, Pematang Siantar berdasarkan Tabel 2.6 termasuk dalam katagori tingkat pelayanan “B”

- b. Berdasarkan pada ruang (*space*) untuk pejalan kaki pada saat arus 15 menit yang terbesar, adapun untuk menentukan nilai ruang (*space*) untuk *pedestrian* pada saat arus 15 menit digunakan Pers.2.34

Dari hasil perhitungan Tabel 4.5 didapatkan nilai kepadatan pada saat arus 15 menit yang terbesar (D_{15}) sebesar 0,0013 *pedestrian/m²*. Maka besarnya nilai ruang untuk *pedestrian* pada saat arus 15 menit yang terbesar (S_{15}) berdasarkan hasil perhitungan Tabel 4.7 adalah:

$$(S_{15}) = \frac{1}{D_{15}} = \frac{1}{0,0013} = 76,9 \text{ m}^2/\text{pedestrian}$$

Dari perhitungan didapatkan nilai ruang (*space*) pada interval 15 menit yang terbesar , maka tingkat pelayanan pejalan kaki di *pedestrian road* Lapangan Merdeka, Pematang Siantar berdasarkan Tabel 2.6 termasuk dalam katagori tingkat pelayanan “A”.

4.4 Pembahasan

Setelah dilakukan analisis terhadap data-data yang diperoleh, maka karakteristik pejalan kaki di *pedestrian road*, Lapangan Merdeka Pematang Siantar dapat diketahui dari nilai maksimum masing-masing variabel pergerakan pejalan kaki tersebut, sedangkan hubungan antara variabel pergerakan pejalan kaki yang

dihitung menggunakan metode Greenshield, Greenberg dan Underwood dapat dinyatakan sebagai berikut:

Tabel 4.12: Rangkuman hasil perhitungan variabel

Hubungan	Greenshield	Greenberg	Undrewood
Kecepatan- Kepadatan	$V_s = 1543139,43 D - 646,30$	$V_s = 14782,94 + 12816362,71 D$	$V_s = 7,64, -763 D$
Arus- Kepadatan	$Q = 1543139,43 D^2 - 646,30$	$Q = 14782,94 + 12816362,71 \ln D$	$Q = 2079,74 \times D - e^{-763D}$
Arus- Kecepatan	$Q = 2387,7 V_s - 3,7 V_s^2$	$Q = 0,999 V_s \cdot e^{0,00000008 s}$	$Q = 7,64 V_s - 0,0013 V_s \ln V_s$
R	0,39	0,39	-0,99
Dm	1193,9	0,37	0,0013
Vm	323,3	$125 \cdot 10^5$	765,09
Qm	385808,8	$4625 \cdot 10^3$	0,99

1. Menurut perhitungan dengan menggunakan metode *Greenshields*

- a. Ditinjau dari hasil nilai r (positif) yang berarti menunjukkan, apabila nilai kepadatan rendah maka kecepatan akan bertambah karena ruang pejalan kaki semakin luas demikian pula sebaliknya.
- b. Ditinjau dari hasil hubungan antara arus dengan kepadatan seperti persamaan di Tabel 4.10, dimana dengan adanya peningkatan arus maka kepadatan akan bertambah.
- c. Ditinjau dari hasil hubungan antara arus dengan kecepatan seperti persamaan di Tabel 4.10, dimana dengan adanya peningkatan arus (*flow*) maka kepadatan akan menurun.
- d. Ditinjau dari hasil variabel nilai Qm (385808,8), berdasarkan besarnya nilai tersebut, maka tingkat pelayanan *pedestrian* di Lapangan Merdeka Pematang Siantar berdasarkan Tabel 2.6 adalah termasuk tingkat pelayanan "E"
- e. Ditinjau dari hasil variabel nilai Vm (323,3) berdasarkan besarnya nilai tersebut, maka tingkat pelayanan *pedestrian* di Lapangan Merdeka Pematang Siantar berdasarkan Tabel 2.6 adalah termasuk tingkat pelayanan "A".

2. Menurut perhitungan menggunakan metode *Greenshield*
 - a. Ditinjau dari hasil nilai r (positif) yang berarti menunjukkan, apabila nilai kepadatan rendah maka kecepatan akan bertambah karena ruang pejalan kaki semakin luas demikian pula sebaliknya.
 - b. Ditinjau dari hasil hubungan antara arus dengan kepadatan seperti persamaan di Tabel 4.10, dimana dengan adanya peningkatan arus maka kepadatan akan bertambah.
 - c. Ditinjau dari hasil hubungan antara arus dengan kecepatan seperti persamaan di Tabel 4.10, dimana dengan adanya peningkatan arus (*flow*) maka kepadatan akan menurun.
 - d. Ditinjau dari hasil variabel nilai Q_m (462510^3), berdasarkan besarnya nilai tersebut, maka tingkat pelayanan *pedestrian* di Lapangan Merdeka Pematang Siantar berdasarkan Tabel 2.6 adalah termasuk tingkat pelayanan "E".
 - e. Ditinjau dari hasil variabel nilai V_m (125.10^5) berdasarkan besarnya nilai tersebut, maka tingkat pelayanan *pedestrian* di Lapangan Merdeka Pematang Siantar berdasarkan Tabel 2.6 adalah termasuk tingkat pelayanan "A".

3. Menurut perhitungan menggunakan metode *Underwood*
 - a. Ditinjau dari hasil nilai r (negatif) yang berarti menunjukkan, apabila nilai kepadatan tinggi maka kecepatan akan berkurang karena ruang pejalan kaki semakin sempit demikian pula sebaliknya.
 - b. Ditinjau dari hasil hubungan antara arus dengan kepadatan seperti persamaan di Tabel 4.10, dimana dengan adanya peningkatan arus maka kepadatan akan bertambah.
 - c. Ditinjau dari hasil hubungan antara arus dengan kecepatan seperti persamaan di Tabel 4.10, dimana dengan adanya peningkatan arus (*flow*) maka kepadatan akan menurun.
 - d. Ditinjau dari hasil variabel nilai Q_m (0,99), berdasarkan besarnya nilai tersebut, maka tingkat pelayanan *pedestrian* di Lapangan Merdeka Pematang Siantar berdasarkan Tabel 2.6 adalah termasuk tingkat pelayanan "A".

- e. Dilihat dari nilai Q_m berarti tidak sesuai dengan kenyataan dilapangan yang disebabkan karena perilaku pejalan kaki di *pedestrian road* Lapangan Merdeka Pematang Siantar sedikit berbeda dengan perilaku lalu lintas kendaraan.
 - f. Ditinjau dari hasil variabel nilai V_m (765,09) berdasarkan besarnya nilai tersebut, maka tingkat pelayanan *pedestrian* di Lapangan Merdeka Pematang Siantar berdasarkan Tabel 2.6 adalah termasuk tingkat pelayanan "A".
4. Dari perhitungan didapatkan besarnya nilai ruang (*space*) untuk *pedestrian* terbesar $747,7 \text{ m}^2/\text{pedestrian}$. Berdasarkan nilai tersebut, maka tingkat pelayanan *pedestrian* berdasarkan Tabel 2.6 berada pada tingkat pelayanan "A"
 5. Untuk menghitung tingkat pelayanan pada fasilitas pejalan kaki di jalan tersebut, pada studi kasus kali ini dihitung dengan dua kategori, yang berdasarkan pada arus (*flow*) pejalan kaki pada interval 15 menit terbesar dan berdasarkan pada ruang (*space*) untuk pejalan kaki pada interval 15 menit terbesar. Berdasarkan arus (*flow*) dan ruang (*space*) maka tingkat pelayanan di *pedestrian road* Lapangan Merdeka, Pematang Siantar berdasarkan Tabel 2.6 berada pada tingkat pelayanan "A".
 6. Karena hasil kategori dari beberapa tinjauan banyak mendapatkan hasil kategori "A", maka fasilitas *pedestrian* di Lapangan Merdeka, Pematang Siantar termasuk dalam kategori tingkat pelayanan "A".

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada penelitian yang dilakukan tentang studi karakteristik pergerakan pejalan kaki di *pedestrian road* Lapangan Merdeka, Pematang Siantar maka diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Karakteristik pejalan kaki

- a. Dari perhitungan dan hasil survei yang dilakukan maka diketahuilah karakteristik pejalan kaki di trotoar Lapangan Merdeka, Pematang Siantar. Dengan total arus (*flow*) pada hari puncak sebesar 43,73 *pedestrian/min/m*, kecepatan (*speed*) sebesar 33182,67 m/min dan kepadatan (*density*) sebesar 0,0316 *pedestrian/m²*.
- b. Hubungan variabel *pedestrian* dengan tiga pendekatan di *pedestrian road* Lapangan Merdeka, Pematang Siantar adalah sebagai berikut:

- Greenshields

$$\text{Kecepatan-Kepadatan, } V_s = 1543139,43 D - 646,30$$

$$\text{Arus-Kecepatan, } Q = 2387,7 V_s - 3,7 V_s^2$$

$$\text{Arus-Kepadatan, } Q = 1543139,43 D^2 - 646,30$$

$$D_m = 1193,9 \text{ Pedestrian/m}^2$$

$$V_m = 323,3 \text{ m/min}$$

$$Q_m = 385808,8 \text{ pedestrian/min/m}$$

- Greenberg

$$\text{Kecepatan-Kepadatan, } V_s = 14782,94 + 12816362,71 D$$

$$\text{Arus-Kecepatan, } Q = 0,999 V_s \cdot e^{0,00000008 S}$$

$$\text{Arus-Kepadatan, } Q = 14782,94 + 12816362,71 \ln D$$

$$D_m = 0,37 \text{ Pedestrian/m}^2$$

$$V_m = 125 \cdot 10^5 \text{ m/min}$$

$$Q_m = 462510^3 \text{ pedestrian/min/m}$$

- Underwood

$$\text{Kecepatan-Kepadatan, } V_s = 7,64 \cdot -763 D$$

$$\text{Arus-Kecepatan, } Q = 7,64 V_s - 0,0013 V_s \ln V_s$$

$$\text{Arus-Kepadatan, } Q = 2079,74 \times D - e^{-763D}$$

$$D_m = 0,0013 \text{ Pedestrian/m}^2$$

$$V_m = 765,09 \text{ m/min}$$

$$Q_m = 0,99 \text{ pedestrian/min/m}$$

2. Perbandingan hasil perhitungan nilai korelasi (r) dari regresi linier dengan tiga metode di *pedestrian road* Lapangan Merdeka, Pematang Siantar adalah sebagai berikut:

- Metode Greenshield (r) korelasi = 0,39
- Metode Greenberg (r) korelasi = 0,39
- Metode Underwood (r) korelasi = -0,99

Dari perbandingan nilai korelasi (r), maka metode yang tidak sesuai adalah metode Underwood, selain itu dilihat dari nilai variabel maksimum metode Underwood tidak sesuai dengan kenyataan dilapangan.

3. Tingkat Pelayanan

Berdasarkan arus (*flow*) *pedestrian* pada interval 15 menit terbesar dan berdasarkan ruang (*space*) untuk pejalan kaki pada interval 15 menit maka *pedestrian road* Lapangan Merdeka, Pematang Siantar berada pada tingkat pelayanan "A".

5.2 Saran

Setelah mengevaluasi hasil penelitian yang telah dilakukan diungkapkan saran-saran sebagai berikut:

1. Untuk tingkat pelayanan pejalan kaki di *pedestrian road* Lapangan Merdeka, Pematang siantar sudah sangat baik karena berada dalam tingkat pelayanan "A". Namun fasilitas seperti tempat sampah masih sedikit ditemukan sehingga kurang terjaganya kebersihan dikawasan sekitar maka dari itu perlunya memperbanyak tempat sampah.
2. Untuk studi lebih lanjut pejalan kaki di kawasan *road* Lapangan Merdeka, Pematang siantar, sebaiknya penelitian dilakukan pada penggal pengamatan yang lain sebagai perbandingan.

3. Hasil dalam penelitian ini sebaiknya digunakan sebagai bahan awal untuk membuat desain standar tingkat pelayanan pejalan kaki ditempat lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Afi Juniarti, 2010, *Analisis Karakteristik dan Tingkat Pelayanan Fasilitas Pejalalan Kaki di Kawasan Kuliner Gladag Langen Bogan Surakarta*, Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret.
- Anonim, 2013, *Panduan Penulisan Skripsi Mahasiswa S1 Program Studi Teknik Sipil*, Medan: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Anonim, 1985, *Highway Capacity Manual*, Special report 206, Transportation Research Board, Washington D.C.: National Research Council
- Danisworo, 1991, *Pengantar Teknik Perencanaan Transportasi*, Erlangga, Jakarta
- Giannopoulos, Grigg A, 1988, *Bus Planing and Operation in Urban Areas*, A Pratical Guide, Prentice-hall, Inc. New Jersey.
- Hobbs, F.D. 1995. *Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas (2)*, Yogyakarta: Universitas Gajah Mada Press.
- Mannering, Fred L,& Kilareski, Walter P. 1988, *Principles of Highway Engineering and Traffic Analysis*, Wiley, New York.
- Pratiwi Fika Dian, 2011, *Studi Karakteristik Pergerakan Pejalan Kaki Di Pedestrian Road Stasiun Tugu Yogyakarta*, Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret.
- Pedoman Perencanaan Jalur Pejalan Kaki Pada Jalan Umum No.43/t/bm/1993, Departemen Pekerjaan Umum.
- Wardhani M. Ayu, 2010, *Studi Karakteristik Pejalan Kaki Dengan Menggunakan Tiga Pendekatan*, Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret.

LAMPIRAN

Tabel L1: Jumlah pejalan kaki pada hari senin

Waktu (senin)	Jumlah Pejalan kaki		
	Dari Timur	Dari Barat	Total
Pagi: 07.30-07.45	21	27	48
07.45-08.00	36	25	61
08.00-08.15	27	36	63
08.15-08.30	35	34	69
08.30-08.45	33	33	66
08.45-09.00	33	24	57
09.00-09.15	35	24	59
09.15-09.30	37	32	69
Siang: 11.30-11.45	33	35	68
11.45-12.00	34	38	72
12.00-12.15	27	27	54
12.15-12.30	36	26	62
12.30-12.45	36	36	72
12.45-13.00	41	47	88
13.00-13.15	54	42	96
13.15-13.30	46	43	89
Sore: 15.00-15.15	52	39	91
15.15-15.30	34	44	78
15.30-15.45	27	40	67
15.45-16.00	24	35	59
16.00-16.15	36	27	63
16.15-16.30	33	36	69
16.30-16.45	23	36	59
16.45-17.00	24	37	61
Jumlah	817	823	1640

Tabel L2: Jumlah pejalan kaki pada hari Selasa

Waktu (selasa)	Jumlah Pejalan kaki		
	Dari Timur	Dari Barat	Total
Pagi: 07.30-07.45	35	10	45
07.45-08.00	12	7	19
08.00-08.15	12	3	15
08.15-08.30	6	5	11
08.30-08.45	2	2	4
08.45-09.00	10	2	12

Tabel L2: *Lanjutan*

Waktu (selasa)	Jumlah Pejalan kaki		
	Dari Timur	Dari Barat	Total
09.00-09.15	15	15	30
09.15-09.30	17	7	24
Siang: 11.30-11.45	37	27	64
11.45-12.00	22	13	35
12.00-12.15	29	15	44
12.15-12.30	27	13	40
12.30-12.45	20	26	46
12.45-13.00	24	7	31
13.00-13.15	32	18	50
13.15-13.30	14	25	39
Sore: 15.00-15.15	31	20	51
15.15-15.30	30	10	40
15.30-15.45	43	25	68
15.45-16.00	31	11	42
16.00-16.15	22	15	37
16.15-16.30	28	7	35
16.30-16.45	16	2	18
16.45-17.00	37	20	57
Jumlah	552	305	857

Tabel L3: Jumlah pejalan kaki pada hari Rabu

Waktu (Rabu)	Jumlah Pejalan kaki		
	Dari Timur	Dari Barat	Total
Pagi: 07.30-07.45	45	5	50
07.45-08.00	27	4	31
08.00-08.15	13	1	14
08.15-08.30	8	2	10
08.30-08.45	3	0	3
08.45-09.00	6	5	11
09.00-09.15	13	6	19
09.15-09.30	16	9	25
Siang: 11.30-11.45	25	17	42
11.45-12.00	9	6	15
12.00-12.15	21	4	25
12.15-12.30	15	4	19
12.30-12.45	24	11	35
12.45-13.00	25	30	55
13.00-13.15	58	7	65

Tabel L3: *Lanjutan*

Waktu (Rabu)	Jumlah Pejalan kaki		
	Dari Timur	Dari Barat	Total
13.15-13.30	22	41	63
Sore: 15.00-15.15	25	11	36
15.15-15.30	25	12	37
15.30-15.45	28	23	51
15.45-16.00	23	8	31
16.00-16.15	27	18	45
16.15-16.30	21	9	30
16.30-16.45	11	1	12
16.45-17.00	19	18	37
Jumlah	509	252	761

Tabel L4: Jumlah pejalan kaki pada hari Kamis

Waktu (Kamis)	Jumlah Pejalan kaki		
	Dari Timur	Dari Barat	Total
Pagi: 07.30-07.45	47	4	51
07.45-08.00	78	15	93
08.00-08.15	45	2	47
08.15-08.30	16	16	32
08.30-08.45	17	17	34
08.45-09.00	43	31	74
09.00-09.15	13	33	46
09.15-09.30	31	8	39
Siang: 11.30-11.45	19	7	26
11.45-12.00	7	10	17
12.00-12.15	19	19	38
12.15-12.30	14	13	27
12.30-12.45	18	13	31
12.45-13.00	26	18	44
13.00-13.15	29	21	50
13.15-13.30	49	34	83
Sore: 15.00-15.15	24	37	61
15.15-15.30	10	16	26
15.30-15.45	8	20	28
15.45-16.00	22	10	32
16.00-16.15	31	7	38
16.15-16.30	26	2	28
16.30-16.45	11	24	35
16.45-17.00	29	8	37
Jumlah	632	385	1017

Tabel L5: Jumlah pejalan kaki pada hari Jumat

Waktu (Jumat)	Jumlah Pejalan kaki		
	Dari Timur	Dari Barat	Total
Pagi: 07.30-07.45	32	6	38
07.45-08.00	41	1	42
08.00-08.15	34	3	37
08.15-08.30	28	3	31
08.30-08.45	17	2	19
08.45-09.00	22	4	26
09.00-09.15	29	8	37
09.15-09.30	43	11	54
Siang: 11.30-11.45	16	15	31
11.45-12.00	27	7	34
12.00-12.15	23	15	38
12.15-12.30	14	12	26
12.30-12.45	19	15	34
12.45-13.00	21	26	47
13.00-13.15	32	9	41
13.15-13.30	33	14	47
Sore: 15.00-15.15	20	16	36
15.15-15.30	35	13	48
15.30-15.45	10	16	26
15.45-16.00	27	4	31
16.00-16.15	16	13	29
16.15-16.30	25	19	44
16.30-16.45	21	14	35
16.45-17.00	42	1	43
Jumlah	627	247	874

Tabel L6: Jumlah pejalan kaki pada hari Sabtu

Waktu (Sabtu)	Jumlah Pejalan kaki		
	Dari Timur	Dari Barat	Total
Pagi: 07.30-07.45	44	19	63
07.45-08.00	24	13	37
08.00-08.15	24	14	38
08.15-08.30	40	6	46
08.30-08.45	30	8	38
08.45-09.00	70	3	73
09.00-09.15	44	36	80
09.15-09.30	31	19	50
Siang: 11.30-11.45	24	6	30
11.45-12.00	16	19	35
12.00-12.15	54	6	60
12.15-12.30	37	24	61
12.30-12.45	37	16	53
12.45-13.00	29	26	55

Tabel L6: *Lanjutan*

Waktu (Sabtu)	Jumlah Pejalan kaki		
	Dari Timur	Dari Barat	Total
13.00-13.15	53	26	79
13.15-13.30	33	23	56
Sore: 15.00-15.15	28	14	42
15.15-15.30	33	17	50
15.30-15.45	33	4	37
15.45-16.00	31	13	44
16.00-16.15	22	7	29
16.15-16.30	21	9	30
16.30-16.45	7	11	18
16.45-17.00	32	15	47
Jumlah	797	354	1151

Tabel L7: Jumlah pejalan kaki pada hari Minggu

Waktu (Minggu)	Jumlah Pejalan kaki		
	Dari Timur	Dari Barat	Total
Pagi: 07.30-07.45	41	30	71
07.45-08.00	0	3	3
08.00-08.15	14	10	24
08.15-08.30	22	4	26
08.30-08.45	26	11	37
08.45-09.00	22	2	24
09.00-09.15	11	1	12
09.15-09.30	43	0	43
Siang: 11.30-11.45	24	13	37
11.45-12.00	22	4	26
12.00-12.15	41	1	42
12.15-12.30	26	0	26
12.30-12.45	19	0	19
12.45-13.00	10	3	13
13.00-13.15	11	6	17
13.15-13.30	5	6	11
Sore: 15.00-15.15	17	15	32
15.15-15.30	21	11	32
15.30-15.45	12	17	29
15.45-16.00	50	2	52
16.00-16.15	25	19	44
16.15-16.30	33	23	56
16.30-16.45	20	1	21
16.45-17.00	30	8	38
Jumlah	545	190	735

Tabel L8: Perhitungan kecepatan pejalan kaki pada hari puncak

Waktu (senin)	N Pria Timur	Lama Perjalanan (s)	V m/min	N wanita Timur	Lama Perjalanan (s)	V m/min	N pria Barat	Lama Perjalanan (s)	V m/min	N Wanita (Barat)	Lama Perjalanan (s)	V m/min
Pagi: 07.30-07.45	12	123	75,61	9	100	93,00	12	112	83,04	15	118	78,81
07.45-08.00	18	124	75,00	18	145	64,14	12	115	80,87	13	118	78,81
08.00-08.15	15	124	75,00	12	118	78,81	18	120	77,50	18	120	77,50
08.15-08.30	20	130	71,54	15	124	75,00	18	120	77,50	16	120	77,50
08.30-08.45	18	128	72,66	15	134	69,40	18	118	78,81	15	123	75,61
08.45-09.00	15	123	75,61	18	122	76,23	9	127	73,23	15	123	75,61
09.00-09.15	20	138	67,39	15	122	76,23	14	118	78,81	10	117	79,49
09.15-09.30	25	132	70,45	12	120	77,50	22	130	71,54	10	116	80,17
Siang: 11.30-11.45	21	136	68,38	12	123	75,61	18	125	74,40	17	121	76,86
11.45-12.00	19	125	74,40	15	140	66,43	20	121	76,86	18	122	76,23
12.00-12.15	12	123	75,61	15	142	65,49	11	115	80,87	16	124	75,00
12.15-12.30	18	126	73,81	18	150	62,00	11	115	80,87	15	122	76,23
12.30-12.45	18	120	77,50	18	140	66,43	15	118	78,81	21	132	70,45
12.45-13.00	21	130	71,54	20	155	60,00	15	116	80,17	32	136	68,38
13.00-13.15	36	137	67,88	18	132	70,45	22	134	69,40	20	128	72,66
13.15-13.30	30	132	70,45	16	130	71,54	21	124	75,00	22	130	71,54
Sore: 15.00-15.15	28	134	69,40	24	146	63,70	21	120	77,50	18	120	77,50
15.15-15.30	22	132	70,45	12	142	65,49	18	122	76,23	26	128	72,66
15.30-15.45	15	122	76,23	12	120	77,50	14	126	73,81	26	128	72,66
15.45-16.00	14	120	77,50	10	97	95,88	13	112	83,04	22	131	70,99
16.00-16.15	18	122	76,23	18	135	68,89	11	100	93,00	16	125	74,40
16.15-16.30	12	118	78,81	21	140	66,43	17	123	75,61	19	131	70,99
16.30-16.45	12	118	78,81	11	132	70,45	18	125	74,40	18	130	71,54
16.45-17.00	15	120	77,50	9	95	97,89	21	110	84,55	16	125	74,40
Jumlah	454	3037	1767,78	363	3104	1754,5	389	2866	1875,82	434	2988	1795,99

Foto Dokumentasi



Gambar L1: Situasi ruas jalan *pedestrian*



Gambar L2: Situasi ruas jalan *pedestrian*



Gambar L3: Situasi ruas jalan *pedestrian*



Gambar L4: Situasi ruas jalan *pedestrian*



Gambar L5: Bangku taman, Salah satu fasilitas yang ada pada ruas jalan *pedestrian*



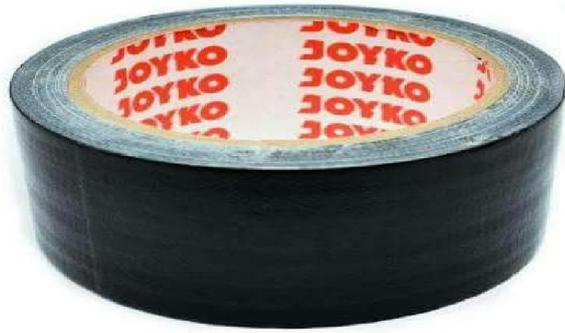
Gambar L6: Tempat sampah, salah satu fasilitas yang dimiliki ruas jalan *pedestrian*, Lapangan Merdeka Pematang Siantar



Gambar L7: *Zebra Cross*, Tempat penyebrangan bagi pejalan kaki di *Pedestrian Road* Lapangan Merdeka Pematang Siantar



Gambar L8: Rambu larangan Parkir di kawasan *Pedestrian Road* Lapangan Merdeka Peatang Siantar



Gambar L9: Lakban Hitam, peralatan yang digunakan untuk menentukan penggal pengamatan



Gambar L10: Stopwatch, peralatan yang digunakan untuk mengetahui waktu tempuh pejalan kaki pada saat survei



Gambar L11: Meteran rol, peralatan yang digunakan untuk mengukur penggal pengamatan pada saat survei

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Trianezki Harahap
Panggilan : Tria/Nezki
Tempat, Tanggal Lahir : Panei tongah, 11 Januari 1997
Jenis Kelamin : Perempuan
Alamat : JL.gunung sibual-buali no.12b

Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : Umar Fauzi Harahap
Ibu : Setia Waty Siregar
No. HP : 0822-6651-9029
E-mail : kitri195@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1407210250
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri BA. No. 3 Medan 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	Sekolah Dasar	SD NEGERI 091287	2008
2	SMP	SMPN 1 PANEI TONGAH	2011
3	SMA	SMAN 1 PANOMBEIAN PANEI	2014
4	Melanjutkan Kuliah Di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2014		