

Analisa Kebutuhan Pedestrian Pada Ruas Jalan Dotulolong Lasut Segmen Samping Bioskop Presiden Kota Manado

Clifando E. N. Sondakh

James A. Timboeleng, Mecky R. E. Manoppo

Universitas Sam Ratulangi Fakultas Teknik Jurusan Sipil Manado

Email: clif_sondakh@yahoo.com

ABSTRAK

Pedestrian atau pejalan kaki merupakan salah satu aspek yang penting dalam sistem transportasi dan dibutuhkan ruang khusus dalam pergerakannya yang disebut jalur pedestrian. Kawasan Pasar 45 Manado khususnya daerah jalan Dotulolong Lasut memiliki berbagai permasalahan mengenai kebutuhan pada jalur pedestrian. Penelitian bertujuan untuk menganalisa kebutuhan pedestrian serta membuat desain layout fasilitas jalur pedestrian. Pengumpulan data dilakukan di jalan Dotulolong Lasut segmen samping Bioskop Presiden pada hari Senin, Rabu dan Sabtu di minggu pertama Bulan November 2014.

Penelitian menggunakan dua metode hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan yaitu model Linier Greenshield dan model Logaritmik Greenberg. Dari hasil analisa, didapati nilai pada model Linier Greenshield lebih cocok untuk kondisi lokasi penelitian. Perhitungan dengan model Linier Greenshield menunjukkan nilai volume maksimum (V_m) = 44 orang/menit. Hubungan antara variabel didapati hubungan kecepatan (S) dan kepadatan (D) yaitu $S = 64.612 - 24.249D$, hubungan volume (V) dan kepadatan (D) yaitu $V = 64.612D - 24.249D^2$, dan hubungan volume (V) dan kecepatan (S) yaitu $V = 2.665S - 0.041S^2$.

Perhitungan tingkat pelayanan atau Level Of Service (LOS) dianalisa dengan dua kondisi, yaitu kondisi tanpa hambatan dan kondisi dengan hambatan. Analisa dilakukan dengan menggunakan nilai volume puncak pejalan kaki selama 15 menit (V_{15}) = 384 orang/15menit dengan lebar efektif jalur pedestrian sebesar 1.6 meter. Hasilnya yaitu untuk kondisi tanpa hambatan tingkat pelayanannya tergolong pada LOS B dan kondisi dengan hambatan tingkat pelayanannya tergolong pada LOS D. Dengan kondisi jalur pedestrian yang memiliki nilai LOS D, maka dilakukan desain kembali lebar jalur pedestrian efektif untuk peningkatan tingkat pelayanan. Digunakan nilai volume maksimum dari model Linier Greenshield untuk desain kembali lebar efektif. Didapati lebar efektif hasil desain kembali yaitu dari 1.6 meter menjadi 2,26 meter dengan tingkat pelayanan tergolong pada LOS A.

Kata Kunci : Jalur Pedestrian, Linier Greenshield, Logaritmik Greenberg, LOS

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kegiatan Transportasi memiliki unsur pergerakan (mobilitas) dan secara fisik terjadi perpindahan tempat atas manusia atau barang dengan atau tanpa alat angkut ke tempat lain. Unsur pergerakan (mobilitas) dalam transportasi meliputi subjek, ruang, waktu, daya, dan arah. Pejalan kaki adalah salah satu subjek dalam unsur pergerakan dan merupakan perpindahan manusia tanpa alat angkut. Untuk memperlancar dan menjamin keselamatan pejalan kaki, dibutuhkan suatu sarana dan prasarana yang dapat mengarahkan pola pergerakan atau aktifitas pejalan kaki, seperti adanya fasilitas-fasilitas pelengkap jalan yang baik. Salah satu fasilitas yang paling penting oleh pejalan kaki adalah jalur pedestrian.

Kawasan Pasar 45 Manado merupakan salah satu kawasan tersibuk di Kota Manado. Kegiatan di kawasan ini menimbulkan aktifitas pejalan kaki dengan intensitas yang cukup padat. Terdapat beberapa masalah pada jalur pedestrian di kawasan pasar 45 ini, seperti ruang bebas trotoar yang tidak

memenuhi syarat, kurangnya fasilitas kelengkapan trotoar, daerah parkir kendaraan yang mengganggu jalur trotoar serta masalah yang berhubungan dengan hambatan atau rintangan pada jalur trotoar. Hal tersebut menyebabkan harus dilakukan peningkatan pelayanan pejalan kaki di kawasan Pasar 45 Manado.

Rumusan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana menganalisa volume pejalan kaki untuk perencanaan jalur Pedestrian (trotoar) yang fungsional di Jalan Dotulolong Lasut segmen samping Bioskop Presiden ?
2. Bagaimana tingkat pelayanan pejalan kaki di Jalan Dotulolong Lasut segmen samping Bioskop Presiden ?
3. Bagaimana menata infrastruktur Pedestrian yang baik guna memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pejalan kaki ?

Batasan Masalah

Batasan masalah adalah sebagai berikut :

1. Lokasi penelitian dilakukan pada Jalan Dotulolong Lasut segmen samping Bioskop Presiden khususnya pada jalur trotoar.
2. Penelitian dilakukan untuk jenis pejalan kaki
3. Survey diambil sampel selama 3 hari dalam 1 minggu
4. Tingkat pelayanan didapatkan dengan melihat volume pejalan kaki (org/mnt/m)
5. Untuk mendapatkan volume pejalan kaki maksimum digunakan analisa dengan hubungan karakteristik volume, kecepatan, kepadatan model linear *greenshield* dan model logaritmik *greenberg*
6. Tidak memeperhitungkan analisa ekonomi (biaya)
7. Tidak melakukan perencanaan struktur trotoar (perkerasan trotoar)
8. Tidak melakukan perhitungan pengelolaan tempat parkir
9. Tidak melakukan perencanaan jembatan penyeberangan dan saluran drainase
10. Desain *layout* memprioritaskan jalur trotoar, karena kondisi lapangan yang merupakan pusat perbelanjaan dengan aktifitas pejalan kaki yang cukup padat.

Tujuan Penulisan.

Yang menjadi tujuan penelitian ini adalah :

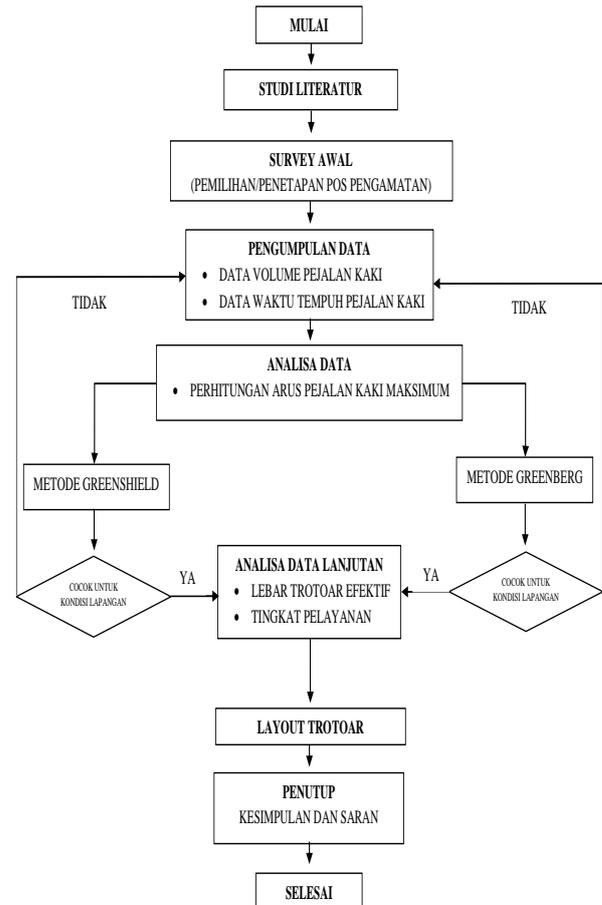
1. Menganalisa jumlah lalu lintas serta volume maksimum pejalan kaki dengan metode *Greenshield* dan metode *Greenberg*
2. Mendapatkan lebar trotoar efektif serta desain *layout* fasilitas pejalan kaki berdasarkan analisa volume maksimum pejalan kaki di Jalan Dotulolong Lasut segmen samping Bioskop Presiden.

Manfaat Penulisan

Diharapkan penelitian ini memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Dari hasil evaluasi kiranya dapat dijadikan salah satu bahan masukan kepada pemerintah dan masyarakat mengenai tingkat pelayanan jalur pejalan kaki (*pedestrian level of service*) khususnya jalur pedestrian di Jalan Dotulolong Lasut segmen samping Bioskop Presiden.
2. Sebagai bahan pertimbangan dan referensi untuk penelitian-penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan masalah pedestrian lebih khususnya lagi pedestrian di jalur trotoar.

Bagan Alir Penelitian



Gambar 1. Bagan alir penelitian

LANDASAN TEORI

Konsep Umum Pejalan Kaki

Prinsip arus iring-iringan pejalan kaki adalah sama dengan yang digunakan untuk arus kendaraan dimana hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan adalah sama. Volume dan kepadatan arus pejalan kaki meningkat, yang semula berupa arus (iring-iringan) bebas menjadi kondisi yang lebih ramai, sehingga kecepatan dan gerakan mendahului pejalan kaki yang lain menjadi menurun.

Tingkat pelayanan dapat digunakan untuk menentukan tingkat kenyamanan di jalan raya, juga dapat dipakai untuk fasilitas pejalan kaki. Dengan konsep tingkat pelayanan faktor kenyamanan merupakan suatu kemampuan untuk memilih kecepatan berjalan dimana pejalan kaki akan berjalan lebih cepat, menghindari konflik-konflik dengan lainnya yang berhubungan dengan kepadatan dan volume pejalan kaki.

Jalur Pedestrian/Pejalan Kaki

Pejalan dalam melakukan kegiatan dari satu tempat ke tempat lain antara lain dengan berjalan kaki dan kedua kakinya sebagai sarana transportasi dimana dibutuhkan suatu tempat yang dinamakan jalur pejalan kaki sebagai sarana tersebut.

Jalur pejalan kaki dikenal juga sebagai jalan pedestrian (*pedestrian ways*), termasuk jalan penyeberangan (berupa *zebra cross*, jembatan pejalan kaki diatas jalan raya dan jalur pejalan kaki di bawah jalan raya).

Pedestrian berasal dari kata *pedos* (bahasa Yunani) yang berarti kaki, dengan demikian dapat diartikan sebagai pejalan kaki, atau orang yang berjalan kaki, sedangkan jalan adalah media pada permukaan tanah yang memudahkan manusia menuju tujuan berjalan.

Trottoar / Sidewalk

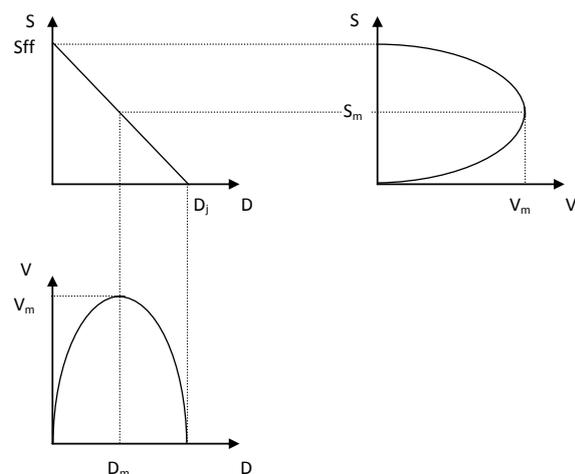
Menurut keputusan Direktur Jenderal Bina Marga No.76/KPTS/Db/1999 tanggal 20 Desember 1999 yang dimaksud dengan trottoar adalah bagian dari jalan raya yang khusus disediakan untuk pejalan kaki yang terletak didaerah manfaat jalan, yang diberi lapisan permukaan dengan elevasi yang lebih tinggi dari permukaan perkerasan jalan, dan pada umumnya sejajar dengan jalur lalu lintas kendaraan.

Tabel
Lebar Trottoar Sesuai Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan sekitarnya	Lahan minimum (m)
Perumahan	1.50
Perkantoran	2.00
Industri	2.90
Sekolah	2.00
Terminal / Pemberhentian bis	2.00
Pertokoan / pembelian	2.00
Jembatan, Terowongan	1.00

Sumber : Pedoman Teknis Perencanaan Spesifikasi Trottoar, 1991

Hubungan Antara Volume, Kecepatan dan Kepadatan



Gambar 2. Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan

Hubungan matematis ketiga variabel dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$V = D \times S$$

Dimana:

V = Volume

D = Kepadatan

S = Kecepatan

Model Linier Greenshield

Greenshields (1934) mengadakan studi pada jalur jalan di luar kota Ohio, di mana kondisi lalu lintasnya tanpa gangguan dan bergerak secara bebas (*steady state condition*). Hasilnya adalah suatu pendekatan hubungan antara kecepatan dan kepadatan yang mengikuti fungsi linear.

- Hubungan Kecepatan (S) – Kepadatan (D)

$$S = S_{ff} - \frac{S_{ff}}{D_j} \times D$$

- Hubungan Volume (V) – Kepadatan (D)

$$V = D \cdot S_{ff} - \frac{S_{ff}}{D_j} \times D^2$$

- Hubungan Volume (V) – Kecepatan (S)

$$V = D_j \times S - \frac{D_j}{S_{ff}} \times S^2$$

- Volume Maksimum (Vm)

$$V_M = \frac{D_j \times S_{ff}}{4}$$

Model Logaritmik Greenberg

Greenberg tahun 1959, mengadakan studi di Lincoln Tunnel dan menganalisa karakteristik lalu lintas dengan mengasumsikan bahwa arus lalu lintas mempunyai kesamaan dengan arus fluida atau persamaan kontinuitas dari persamaan gerak benda cair. Hubungan matematis antara kepadatan dan kecepatan dapat dinyatakan dalam bentuk logaritma natural. Model ini tidak valid untuk kepadatan yang kecil karena pada kepadatan mendekati nol, maka kecepatan bernilai sangat besar (tak terhingga)

- Hubungan Kecepatan (S) – Kepadatan (D)

$$S = S_m \times \ln \frac{D_j}{D}$$

- Hubungan Volume (V) – Kepadatan (D)

$$V = S_m \times D \times \ln \frac{D_j}{D}$$

- Hubungan Volume (V) – Kecepatan (S)

$$V = D_j \times S \times \exp \frac{-S}{S_m}$$

- Volume Maksimum (Vm)

$$V_m = \frac{D_j \times S_m}{e}$$

Analisa Persamaan Regresi Linier

Analisis yang umum dipakai untuk mengolah volume lalu lintas guna menentukan karakteristik kecepatan dan kepadatan adalah analisis regresi linier.

$$Y = A + Bx$$

Dimana ;

Y = peubah tidak bebas

- X = peubah bebas
- A = intersep atau konstanta regresi
- B = koefisien regresi

Konstanta A dan B dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$B = \frac{n \cdot (\sum x \cdot y) - (\sum x) \cdot (\sum y)}{n \cdot (\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$A = \frac{(\sum x^2) \cdot (\sum y) - (\sum x) \cdot (\sum x \cdot y)}{n \cdot (\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

Tingkat Pelayanan Trotoar / Level Of Service

Kriteria tingkat pelayanan trotoar dikelompokkan menjadi 6 kriteria.

Tabel
Kriteria Tingkat Pelayanan Trotoar

LOS	Ruang (m ² /ped)	Laju Arus (ped/mnt/m)	Kecepatan (m/dtk)	V/C Ratio
A	> 5,6	< 16	> 1,30	≤ 0,21
B	3,7 – 5,6	16 – 23	1,27 – 1,3	0,21 – 0,31
C	2,2 – 3,7	23 – 33	1,22 – 1,27	0,31 – 0,44
D	1,4 – 2,2	33 – 49	1,14 – 1,22	0,44 – 0,65
E	0,7 – 1,4	49 – 75	0,76 – 1,14	0,65 – 1,00
F	< 0,7	Beragam	< 0,76	Beragam

Sumber : HCM, (2000)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Volume Pejalan Kaki

Pengumpulan data volume pejalan kaki dilakukan untuk dua arah pada setiap titik pengamatan. Pengamatan dilakukan dari jam 07.00 – 19.00 WITA dengan interval 15 menit. Setelah mendapatkan volume masing-masing arah, kemudian dijumlahkan untuk mendapat satu nilai volume pejalan kaki tiap 15 menit. Hasil perhitungan volume dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel
Perhitungan Volume Pejalan Kaki
Titik Pengamatan 1 Hari Senin

JAM	PEJALAN KAKI		Volume (org/15 mnt)	Volume (org/mnt)
	Arah TKB - Pos	Arah Pos - TKB		
07.00 - 07.15	3	5	8	1
07.15 - 07.30	10	11	21	1
07.30 - 07.45	14	19	33	2
07.45 - 08.00	11	13	24	2
08.00 - 08.15	7	12	19	1
08.15 - 08.30	25	22	47	3
08.30 - 08.45	32	33	65	4
08.45 - 09.00	36	37	73	5
09.00 - 09.15	37	54	91	6
09.15 - 09.30	52	48	100	7
09.30 - 09.45	63	53	116	8
09.45 - 10.00	57	73	130	9
10.00 - 10.15	71	94	165	11
.
.
18.45 - 19.00	39	34	73	5

Kecepatan Pejalan Kaki

Data yang dipakai dalam perhitungan kecepatan pejalan kaki adalah waktu tempuh pejalan kaki pada setiap titik pengamatan dengan jarak yang telah ditentukan. Jarak pengamatan yaitu 10 meter dengan pengambilan sampel 10 orang. Sama seperti pengambilan data volume, interval waktu yang digunakan adalah 15 menit.

Setelah waktu tempuh didapat, dilakukan perhitungan kecepatan dengan menggunakan persamaan:

$$S = \frac{d}{t}$$

Dimana : S = Kecepatan (Km/Jam, m/det)

d = Jarak tempuh (Km, m)

t = Waktu tempuh kendaraan (Jam, det)

Dengan persamaan di atas, di dapat kecepatan pada tiap-tiap sampel. Kemudian dicari kecepatan rata-rata per 15 menit, lalu dikonversikan ke dalam satuan meter per menit. Hasil perhitungan kecepatan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel
Perhitungan Kecepatan Pejalan Kaki
Titik Pengamatan 1 Hari Senin
Arah 1

JAM	WAKTU TEMPUH PEJALAN KAKI (Arah TKB - Pos)										Waktu Tempuh Rata-rata (det/10m)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
07.00 - 07.15	8.75	9.1	8.93								8.91
07.15 - 07.30	8.93	8.95	8.97	9.06	9.08	9.07	7.42	8.87	7.55	8.12	8.60
07.30 - 07.45	9.49	9.99	9.02	12.29	16.71	8.77	8.46	7.14	8.03	9.21	9.94
07.45 - 08.00	8.18	7.65	6.73	8.88	8.67	9.11	7.76	9.67	8.13	9.48	8.45
08.00 - 08.15	8.71	9.1	8.7	10.4	10.42	9.11	8.68				9.31
08.15 - 08.30	8.34	8.88	8.28	12.54	12.5	12.53	11.04	11.03	8.91	6.72	10.10
08.30 - 08.45	9.15	9.65	8.93	8.97	9.8	9.18	9.45	9.35	9.97	10.25	9.47
08.45 - 09.00	9.06	9.22	6.93	5.04	7.06	7.65	8.15	8.46	8.46	8.55	7.66
09.00 - 09.15	9.68	8.51	8.57	7.2	8.34	10.38	8.44	7.94	8.14	13.54	9.33
09.15 - 09.30	19.56	21.41	11.16	9.3	9.39	9.87	10.31	7.08	9.39	11.07	11.83
09.30 - 09.45	11.99	10.91	11.54	9	12.46	12.45	8.9	10.37	9.45	9.39	10.67
09.45 - 10.00	9.24	10.29	8.93	9.92	9.75	10.21	8.16	8.75	11.15	9.64	9.77
10.00 - 10.15	9.45	9.23	8.71	11.16	9.38	9.78	8.52	8.36	10.39	7.92	9.29
.
.
18.45 - 19.00	9.29	10.19	8.41	8.17	8.98	9.39	9.49	8.88	9.6	10.51	9.26

Tabel
Perhitungan Kecepatan Pejalan Kaki
Titik Pengamatan 1 Hari Senin
Arah 2

JAM	WAKTU TEMPUH PEJALAN KAKI (Arah Pos - TKB)										Waktu Tempuh Rata-rata (det/10m)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
07.00 - 07.15	9.13	9.48	9.03	8.97	7.46						8.81
07.15 - 07.30	9.04	9.15	8.96	8.79	8.76	7.14	8.05	9.48	8.79	8.04	8.62
07.30 - 07.45	7.84	8.05	14.01	14.05	13.05	13.08	7.71	8.56	8.47	8.72	10.25
07.45 - 08.00	7.85	8.91	11.05	9.43	8.71	11.52	11.5	11.48	11.35	8.6	10.04
08.00 - 08.15	13.78	10.63	9.53	7.43	8.08	9.93	8.14	6.61	7.61	7.4	8.83
08.15 - 08.30	7.59	7.7	9.6	11.69	8.4	12.44	12.45	12.01	10.74	10.31	10.29
08.30 - 08.45	8.59	9.73	8.95	7.95	9.14	9.25	10.23	8.75	8.96	10.25	9.18
08.45 - 09.00	9.75	9.18	9.27	7.69	9.26	7.19	7.65	7.88	8.47	7.58	8.38
09.00 - 09.15	7.01	13.74	8.44	8.39	10.02	11.46	13.33	7.96	7.25	9.38	9.76
09.15 - 09.30	9.59	8.83	8.87	10.66	9.15	11.18	10.18	7.9	10.55	10.01	9.69
09.30 - 09.45	9.79	10.12	8.75	10.21	10.15	11.07	8.9	7.95	10.31	9.25	9.65
09.45 - 10.00	11.27	9.12	8.79	8.95	7.89	8.45	10.27	8.65	10.54	10.04	9.40
10.00 - 10.15	8.97	9.75	10.29	10.49	7.93	9.56	8.36	8.45	8.78	11.32	9.44
.
.
18.45 - 19.00	8.63	9.54	10.67	11.07	9.66	8.14	9.55	9.43	9.68	10.11	9.67

Tabel
Perhitungan Kecepatan Pejalan Kaki
Titik Pengamatan 1 Hari Senin
Total 2 Arah

JAM	Waktu Tempuh		Waktu Tempuh Rata-rata (det/10m)	Kecepatan Rata-rata (m/menit)
	Arah 1	Arah 2		
07.00 - 07.15	8.93	8.91	8.97	67.62
07.15 - 07.30	8.60	8.62	8.61	69.67
07.30 - 07.45	9.94	10.35	10.15	59.13
07.45 - 08.00	8.43	10.04	9.23	64.99
08.00 - 08.15	9.31	8.83	9.08	66.07
08.15 - 08.30	10.10	10.29	10.19	58.86
08.30 - 08.45	9.47	9.18	9.33	64.34
08.45 - 09.00	7.86	8.38	8.12	73.89
09.00 - 09.15	9.33	9.70	9.52	63.05
09.15 - 09.30	11.85	9.69	10.77	55.69
09.30 - 09.45	10.67	9.65	10.16	59.07
09.45 - 10.00	9.73	9.40	9.56	62.73
10.00 - 10.15	9.29	9.44	9.37	64.07
.
.
.
18.45 - 19.00	9.29	9.65	9.47	63.37

Kepadatan Pejalan Kaki

Variabel-variabel yang telah dicari pada perhitungan sebelumnya, yaitu volume dan kecepatan rata-rata, kemudian diolah lagi untuk memperoleh kepadatan. Kepadatan didapat dengan persamaan $D = V / S$. Hasil perhitungan kepadatan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel
Analisa Kepadatan Pejalan Kaki
Titik Pengamatan 1 Hari Senin

JAM	Volume (org/menit)	Kecepatan (m/menit)	Kepadatan (org/ m)
07.00 - 07.15	1	67.62	0.00789
07.15 - 07.30	1	69.67	0.02009
07.30 - 07.45	2	59.13	0.03720
07.45 - 08.00	2	64.99	0.02462
08.00 - 08.15	1	66.07	0.01917
08.15 - 08.30	3	58.86	0.05324
08.30 - 08.45	4	64.34	0.06735
08.45 - 09.00	5	73.89	0.06586
09.00 - 09.15	6	63.05	0.09621
09.15 - 09.30	7	55.69	0.11971
09.30 - 09.45	8	59.07	0.13093
09.45 - 10.00	9	62.73	0.13815
10.00 - 10.15	11	64.07	0.17169
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
18.45 - 19.00	5	63.37	0.07680

Model Linier Greenshield

Model Linier *Greenshield* merupakan pendekatan hubungan antara kecepatan dan kepadatan yang mengikuti fungsi linear. Dengan bentuk umum persamaan linier $Y = A + Bx$ dengan X adalah kepadatan (D) dan Y adalah kecepatan (S), maka nilai A dan B adalah sebagai berikut:

$$A = S_{ff} \text{ dan } B = \frac{-S_{ff}}{D_j}$$

Dengan persamaan di atas didapat nilai $S_{ff} = A$ dan nilai $D_j = \frac{-A}{B}$. Nilai S_{ff} dan D_j ini kemudian dimasukkan ke rumus volume maksimum (V_m).

Analisa berdasarkan metode *Greenshield* pada penelitian ini, direpresentasikan ke dalam tabel regresi linier berdasarkan data-data yang diolah sebelumnya. Pada tabel, volume dinotasikan sebagai variabel XY, kecepatan sebagai variabel Y, dan kepadatan sebagai variabel X. Perhitungannya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel
Analisa Hubungan Volume, Kecepatan dan
Kepadatan Metode *Greenshields*
Titik Pengamatan 1 Hari Senin

JAM	Volume [X.Y]	Kecepatan [Y]	Kepadatan [X]	[X^2]
07.00 - 07.15	1	67.62	0.00789	0.00006
07.15 - 07.30	1	69.67	0.02009	0.00040
07.30 - 07.45	2	59.13	0.03720	0.00138
07.45 - 08.00	2	64.99	0.02462	0.00061
08.00 - 08.15	1	66.07	0.01917	0.00037
08.15 - 08.30	3	58.86	0.05324	0.00283
08.30 - 08.45	4	64.34	0.06735	0.00454
08.45 - 09.00	5	73.89	0.06586	0.00434
09.00 - 09.15	6	63.05	0.09621	0.00926
09.15 - 09.30	7	55.69	0.11971	0.01433
09.30 - 09.45	8	59.07	0.13093	0.01714
09.45 - 10.00	9	62.73	0.13815	0.01909
10.00 - 10.15	11	64.07	0.17169	0.02948
.
.
.
18.45 - 19.00	5	63.37	0.07680	0.00590
JUMLAH	559	2868.59	9.60072	2.54549

Rumus analisa regresi linier;

$$B = \frac{n \cdot (\sum x \cdot y) - (\sum x) \cdot (\sum y)}{n \cdot (\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$B = \frac{48 \cdot (559) - (9.60072) \cdot (2868.59)}{48 \cdot (2.54549) - (9.60072)^2} = -24.249$$

$$A = \frac{(\sum x^2) \cdot (\sum y) - (\sum x) \cdot (\sum x \cdot y)}{n \cdot (\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$A = \frac{(2.54549) \cdot (2868.59) - (9.60072) \cdot (559)}{48 \cdot (2.54549) - (9.60072)^2} = 64.612$$

Maka: $S_{ff} = A = 64.612$

$$D_j = \frac{-A}{B} = \frac{-64.612}{-24.249} = 2.66457$$

Selanjutnya nilai S_{ff} dan D_j , dimasukkan ke rumus volume maksimum (V_m)

$$V_m = \frac{D_j \times S_{ff}}{4}$$

$$V_m = \frac{2.66457 \times 64.612}{4} = 43.041 = 44 \text{ orang/menit}$$

Untuk perhitungan nilai korelasi dan determinasi dihitung dengan rumus :

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

$$r = -0.563$$

$$R^2 = 0.316$$

Dari perhitungan didapatkan harga $r = -0.563$. Harga korelasi negatif antara kepadatan dan kecepatan menunjukkan bahwa pada saat kepadatan bertambah maka kecepatan akan menurun dan begitu pula sebaliknya. Semakin mendekati nilai 1 atau -1, maka nilai korelasi tersebut semakin sempurna. Nilai korelasi $r = -0.563$ menyatakan bahwa hubungan variabel tergolong dalam Korelasi Kuat. Sedangkan pada nilai determinasi $R^2 = 0.316$ menyatakan kemampuan variabel bebas dalam menjelaskan varians dari variabel terikat sebesar 31.6%.

- Hubungan Kecepatan (S) dan Kepadatan (D)
 $S = 64.612 - 24.249.D$

Grafik

Hubungan antara Kecepatan (S) dan Kepadatan (D) model *Greenshield*



- Hubungan Volume (V) dan Kepadatan (D)
 $V = 64.612.D - 24.249.D^2$

Grafik

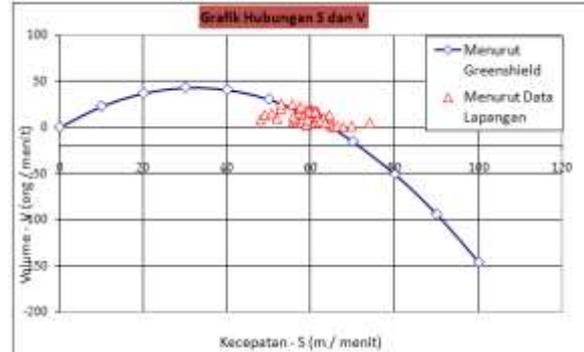
Hubungan antara Volume (V) dan Kepadatan (D) model *Greenshield*



- Hubungan Volume (V) dan Kecepatan (S)
 $V = 2.665.S - 0.041.S^2$

Grafik

Hubungan antara Volume (V) dan Kecepatan (S) model *Greenshield*



Model Logaritmik *Greenberg*

Model Logaritmik *Greenberg* merupakan pendekatan hubungan antara kepadatan dan kecepatan yang dinyatakan dalam bentuk logaritma natural. Dengan menggunakan persamaan regresi linier $Y = A + Bx$ dengan $X = \ln D$ dan $Y =$ kecepatan maka nilai A dan B adalah sebagai berikut:

$$A = Sm \times \ln Dj \text{ dan } B = -Sm$$

Sehingga dapat ditentukan nilai untuk $Dj = e^{(A/um)}$ dan $Um = -B$. Lalu nilai Dj dan Sm dimasukkan ke dalam rumus volume maksimum (Vm).

Sama seperti metode *Greenshield*, analisa pada metode *Greenberg* juga direpresentasikan ke dalam tabel regresi linier berdasarkan data-data yang diolah sebelumnya. Pada tabel metode *Greenberg* ini, variabel Y merupakan kecepatan dan variabel X merupakan nilai \ln dari kepadatan. Perhitungannya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel

Analisa Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan Metode *Greenberg* Titik Pengamatan 1 Hari Senin

JAM	Volume (V)	Kecepatan (S) [V]	Kepadatan (D)	Ln (D) [X]	[X.Y]	[X ²]
07.00 - 07.15	1	67.62	0.00789	-4.84245	-327.42611	23.44932
07.15 - 07.30	1	69.67	0.02009	-3.90736	-272.24239	15.26745
07.30 - 07.45	2	59.13	0.03720	-3.29134	-194.62929	10.85294
07.45 - 08.00	2	64.99	0.02462	-3.70425	-240.74417	13.72147
08.00 - 08.15	1	66.07	0.01917	-3.95433	-261.26202	15.63669
08.15 - 08.30	3	58.86	0.05324	-2.93303	-172.63290	8.60268
08.30 - 08.45	4	64.34	0.06735	-2.69779	-173.56550	7.27805
08.45 - 09.00	5	73.89	0.06586	-2.72019	-200.99928	7.39944
09.00 - 09.15	6	63.05	0.09621	-2.34118	-147.62061	5.48113
09.15 - 09.30	7	55.69	0.11971	-2.12267	-118.21091	4.50574
09.30 - 09.45	8	59.07	0.13093	-2.03313	-120.09026	4.13361
09.45 - 10.00	9	62.73	0.13815	-1.97939	-124.17087	3.91797
10.00 - 10.15	11	64.07	0.17169	-1.76206	-112.89194	3.10484
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
18.45 - 19.00	5	63.37	0.07680	-2.56655	-162.63716	6.58718
JUMLAH	559	2868.59	9.60072	-89.88081	5493.69895	205.06649

Rumus analisa regresi linier;

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

$$B = \frac{48(5493.69895) - (-89.88081)(2868.59)}{48(205.06649) - (-89.88081)^2} = -3.325$$

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

$$A = \frac{(205.06649)(2868.59) - (-89.88081)(5493.69895)}{48(205.06649) - (-89.88081)^2} = 53.537$$

Maka: $D_j = e^{(A/um)} = 9855437.995$

$$S_m = -B = 3.325$$

Selanjutnya nilai S_m dan D_j , dimasukkan ke rumus volume maksimum (V_m)

$$V_m = \frac{D_j \times S_m}{e}$$

$$V_m = \frac{9855437.995 \times 3.325}{e} = 12053523.26 = 12053524 \text{ orang/menit}$$

Untuk perhitungan nilai korelasi dan determinasi dihitung dengan rumus :

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

$$r = -0.591$$

$$R^2 = 0.349$$

Dari perhitungan didapatkan harga $r = -0.591$. Harga korelasi negatif antara kepadatan dan kecepatan menunjukkan bahwa pada saat kepadatan bertambah maka kecepatan akan menurun dan begitu pula sebaliknya. Semakin mendekati nilai 1 atau -1, maka nilai korelasi tersebut semakin sempurna. Nilai korelasi $r = -0.591$ menyatakan bahwa hubungan variabel tergolong dalam Korelasi Kuat. Sedangkan pada nilai determinasi $R^2 = 0.349$ menyatakan kemampuan variabel bebas dalam menjelaskan varians dari variabel terikat sebesar 34.9%.

- Hubungan Kecepatan (S) dan Kepadatan (D)

$$S = 3.325 \times \ln \frac{9855437.995}{D}$$

Grafik

Hubungan antara Kecepatan (S) dan Kepadatan (D) model Greenberg



- Hubungan Volume (V) dan Kepadatan (D)

$$V = 3.325 \times D \times \ln \frac{9855437.995}{D}$$

Grafik

Hubungan antara Volume (V) dan Kepadatan (D) model Greenberg



Hubungan Volume (V) dan Kecepatan (S)

$$V = 9855437.995 \times S \times \exp \frac{-S}{3.325}$$

Grafik

Hubungan antara Volume (V) dan Kecepatan (S) model Greenberg



Analisa Tingkat Pelayanan Trotoar Pada Kondisi Tanpa Hambatan

Kondisi tanpa hambatan dihitung dengan memakai lebar efektif trotoar pada kondisi bebas yaitu 1.6 meter dan volume puncak pejalan kaki dalam 15 menit yaitu 384 org/15mnt (volume puncak pejalan kaki selama 3 hari survey yaitu di hari senin tanggal 3 November 2014 jam 16.00 – 16.15 ; Lampiran)

$$V_p = \frac{V_{15}}{15W_e}$$

$$V_p = \frac{384}{15 \times 1.6}$$

$$V_p = 16 \text{ ped/mnt}$$

Dari tabel (2.4) Kriteria Tingkat Pelayanan Trotoar bagian laju arus rata-rata, nilai V_p yang didapat menunjukkan tingkat pelayanan trotoar digolongkan ke dalam *Level of Service B (LOS B)*.

Analisa Tingkat Pelayanan Trotoar Pada Kondisi Dengan Hambatan

Pada kondisi dengan hambatan, digunakan lebar efektif trotoar yang dikurangi dengan lebar hambatan. Terdapat beberapa lebar hambatan sesuai dengan jenis hambatan yang ada, namun dipakai lebar hambatan terbesar untuk dipakai dalam pengurangan lebar efektif. Jadi didapat lebar efektif yaitu $1.6 - 0.9$ (lebar hambatan terbesar) = 0.7 meter. Untuk volume puncak pejalan kaki dalam 15 menit yaitu 384 (volume puncak pejalan kaki selama 3 hari survey yaitu di hari senin tanggal 3 November 2014 jam 16.00 – 16.15 ; Lampiran)

$$V_p = \frac{V_{15}}{15W_e}$$

$$V_p = \frac{384}{15 \times 0.7}$$

$$V_p = 36.57 = 37 \text{ ped/mnt}$$

Dari tabel (2.4) Kriteria Tingkat Pelayanan Trotoar bagian laju arus rata-rata, nilai V_p yang didapat menunjukkan tingkat pelayanan trotoar digolongkan ke dalam *Level of Service D (LOS D)*.

Desain Dimensi Lebar Efektif Trotoar

Berdasarkan hasil analisa data didapat tingkat pelayanan trotoar pada lokasi penelitian adalah *Level of Service D* (kondisi dengan hambatan). Untuk peningkatan tingkat pelayanan trotoar, maka dilakukan desain ulang lebar trotoar efektif dengan menggunakan volume maksimum (V_m) terbesar hasil analisa metode *Greenshield* Perhitungan desain ulang dihitung dengan memperhitungkan lebar trotoar tambahan untuk mengantisipasi hambatan yang terjadi. Lebar trotoar hambatan dilihat pada tabel (2.2) yaitu pada daerah perbelanjaan bukan pasar. Perhitungan ulang lebar trotoar efektif dilakukan dengan persamaan (2.1) :

$$W = \frac{V}{35} + N$$

Dimana :

- W : Lebar Trotoar (m)
- V : 44 (volume maksimum metode *Greenshield* Titik Pengamatan 1 hari Senin, 3 November 2014)
- N : 1 (Jalan di daerah perbelanjaan bukan pasar)

Maka, $W = \frac{V}{35} + N$

$$W = 2.26 \text{ m}$$

Setelah lebar efektif didapat, dilakukan perhitungan tingkat pelayanan trotoar seperti sebelumnya.

$$V_p = \frac{V_{15}}{15W_e}$$

$$v = \frac{384}{15 \times 2.26}$$

$$v = 11.33 = 12 \text{ ped/mnt}$$

Nilai v yang didapat dari nilai lebar efektif hasil desain ulang dilihat kembali pada tabel (2.4) Kriteria Tingkat Pelayanan Trotoar bagian laju arus rata-rata dan menunjukkan tingkat pelayanan trotoar digolongkan ke dalam *Level of Service A (LOS A)*. Jadi hasil desain ulang lebar efektif trotoar yaitu 2.26 meter menunjukkan peningkatan *Level of Service* dari *LOS D* ke *LOS A*.

Pada desain kembali lebar trotoar efektif, didapati hasil dimana lebar trotoar harus ditambah. Hal ini diharuskan pengambilan lahan sekitar trotoar, yaitu diambil pada lebar jalan. Kondisi jalan pada daerah penelitian tidak dipakai secara 100% untuk kendaraan berjalan dan sebagian lebar jalan dipakai sebagai lahan parkir. Selain itu, daerah penelitian merupakan kawasan perbelanjaan yang intensitas pejalan kaki lebih besar daripada kendaraan. Maka dengan hal di atas, peneliti memprioritaskan lebar jalur trotoar dengan membuat gagasan bahwa daerah jalan yang dipakai sebagai lahan parkir diperkecil atau dihilangkan untuk penambahan lebar efektif trotoar.

PENUTUP

Kesimpulan

1. Pengolahan data penelitian menggunakan 2 metode, yaitu model Linier *Greenshield* dan model Logaritmik *Greenberg* pada setiap titik pengamatan di hari senin, rabu, dan sabtu. Didapati hanya model Linier *Greenshield* yang cocok untuk kondisi lapangan dengan hasil sebagai berikut:
 - Model Linier *Greenshield*
 - Volume maksimum (V_m) = 44 org/menit
 - Hubungan volume, kecepatan, dan kepadatan
 - Hubungan Kecepatan dan Kepadatan
 $S = 64.612 - 24.249.D$
 - Hubungan Volume dan Kepadatan
 $V = 64.612.D - 24.249.D^2$
 - Hubungan Volume dan Kecepatan
 $V = 2.665.S - 0.041.S^2$
 - Nilai Korelasi (r) = -0.563
 - Harga korelasi negatif antara kepadatan dan kecepatan menunjukkan bahwa pada saat kepadatan bertambah maka kecepatan akan menurun dan begitu pula sebaliknya. Nilai korelasi $r = -0.563$ menyatakan bahwa hubungan variabel tergolong dalam Korelasi Kuat.
 - Determinasi (R^2) = 0.316
 - Nilai determinasi $R^2 = 0.316$ menyatakan kemampuan variabel bebas dalam menjelaskan varians dari variabel terikat sebesar 31.6%.
2. Tingkat pelayanan trotoar yang ditinjau berdasarkan laju arus dengan nilai volume

maksimum 384 orang dalam 15 menit mendapatkan hasil sebagai berikut:

- *Level of Service B (LOS B)* pada kondisi tanpa hambatan
- *Level of Service D (LOS D)* pada kondisi dengan hambatan

Dilakukan perhitungan desain ulang lebar efektif trotoar untuk peningkatan tingkat pelayanan trotoar. Didapat lebar efektif trotoar 2.26 meter dengan *Level of Service A (LOS A)*.

Penambahan lebar efektif trotoar dilakukan dengan pengambilan sebagian lebar jalan yang hanya dipakai sebagai lahan parkir. Prioritas dilakukan pada jalur trotoar dimana lokasi penelitian memiliki intensitas pejalan kaki yang lebih besar daripada kendaraan.

Saran

1. Pada jalan Dotulolong Lasut segmen samping Bioskop Presiden disarankan untuk peningkatan tingkat pelayanan trotoar

karena tingkat pelayanan trotoarnya hanya pada golongan *Level of Service D* (kondisi dengan hambatan). Desain ulang lebar efektif trotoar merupakan salah satu solusi dalam peningkatan tingkat pelayanan trotoar.

2. Selain desain ulang lebar efektif trotoar, diperlukan penataan infrastruktur oleh pemerintah demi kenyamanan dan keamanan pejalan kaki. Penataan infrastruktur ini meliputi penataan fasilitas pelengkap trotoar (tempat sampah, pot tanaman, dll), penertiban pedagang kaki lima di jalur pejalan kaki, pengaturan parkir kendaraan bermotor sehingga tidak mengganggu jalur pejalan kaki, pemakaian jalur pejalan kaki oleh toko sekitar, dan beberapa hal yang berhubungan dengan infrastruktur trotoar lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggriani, Niniek. 2009. *Pedestrian Ways Dalam Perancangan Kota*. Yayasan Humaniora. Klaten.
- Khisty, C.Jotin, Lall, B.Kent. 2003. *Transportation Engineering. Third Edition*. Pearson Education Inc. Upper Saddle River. New Jersey.
- Mauliani, Lily. 2010. *Fungsi dan Peran Jalur Pedestrian Bagi Pejalan Kaki*. Jakarta.
- Risdiyanto. 2014. *Rekayasa dan Manajemen Lalu Lintas, Teori dan Aplikasi. Leutikaprio*. Yogyakarta.
- Utermann RK. 1984. *Accimodation The Pedestrian*. Van Nostrand Reinhold Company.
- _____. 1990. *Petunjuk Perencanaan Trotoar No.007/T/BNKT/1990*. Direktorat Jenderal Bina Marga. Jakarta.
- _____. 1991. *Pedoman Teknis Perencanaan Spesifikasi Trotoar*. Ditjen Binamarga. Jakarta
- _____. 1997. *Sistem Transportasi*. Gunadarma. Jawa Barat.
- _____. 2000. *"Highway Capacity Manual"*. Transportation Research Board (TRB). Washington, D.C.