

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	v
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xvii
DAFTAR ISTILAH.....	xviii
INTISARI .....	xxi
ABSTRACT.....	xxii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar belakang .....	1
1.2. Rumusan masalah.....	7
1.3. Tujuan penelitian .....	7
1.4. Batasan penelitian.....	8
1.5. Manfaat penelitian .....	9
1.6. Keaslian penelitian .....	9
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	21
2.1. Pejalan kaki .....	21
2.2. Fasilitas pejalan kaki .....	21
2.3. Karakteristik pejalan kaki.....	27
2.3.1. Jenis kelamin pejalan kaki .....	30
2.3.2. Grup pejalan kaki.....	31
2.3.3. Pejalan kaki yang membawa barang .....	31
2.4. Perkembangan proses evaluasi jalur pejalan kaki .....	32
2.5. <i>Level of Service</i> (LOS) pejalan kaki.....	36
2.5.1. <i>American Highway Capacity Manual</i> (AHCM).....	38

2.5.2.	<i>Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS)</i> .....	40
2.5.3.	Aturan PU no.3 Tahun 2014.....	41
2.6.	Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) Tahun 1997 .....	42
2.7.	Implikasi terhadap penelitian .....	44
BAB III LANDASAN TEORI .....		47
3.1.	Kapasitas jalur pejalan kaki.....	47
3.2.	Pergerakan Pejalan Kaki .....	49
3.2.1.	Arus pejalan kaki ( <i>flow</i> ) .....	50
3.2.2.	Kecepatan berjalan ( <i>walking speed</i> ) .....	50
3.2.3.	Kerapatan pejalan kaki ( <i>density</i> ) .....	51
3.2.4.	Ruang ( <i>space</i> ) untuk pejalan kaki .....	51
3.3.	Model pergerakan pejalan kaki .....	52
3.3.1.	Hubungan arus, kecepatan, dan kerapatan.....	52
3.3.2.	Model <i>Greenshields</i> .....	56
3.3.3.	Model <i>Greenberg</i> .....	57
3.3.4.	Model <i>Underwood</i> .....	60
3.3.5.	Model <i>Pipes-Munjat</i> .....	61
3.3.6.	Model <i>Drew</i> .....	63
3.3.7.	Model <i>Northwestern</i> .....	63
3.3.8.	Model <i>Krystek</i> .....	64
3.3.9.	Model HBS 2001 .....	64
3.3.10.	Implikasi model pergerakan pejalan kaki .....	65
3.4.	<i>Social Force Model</i> .....	67
3.5.	PTV Viswalk .....	70
3.6.	Kalibrasi dan validasi .....	77
BAB IV METODE PENELITIAN .....		79
4.1.	Variabel penelitian .....	80
4.2.	Subjek penelitian .....	81
4.3.	Hipotesis penelitian .....	84
4.4.	Prosedur penelitian .....	86
4.5.	Pengumpulan data .....	87
4.5.1.	Alat / instrument penelitian .....	87

4.5.2. Lokasi penelitian .....	89
4.5.3. Waktu penelitian.....	94
4.5.4. Proses pengumpulan data .....	97
4.6. Tahapan analisis .....	100
4.7. Verifikasi dan replikasi hasil simulasi.....	106
4.8. Kalibrasi dan validasi hasil simulasi .....	108
<b>BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>113</b>
5.1. Profil data lapangan.....	113
5.2. Simulasi pergerakan pejalan kaki.....	119
5.3. Kalibrasi hasil simulasi .....	129
5.4. Validasi hasil simulasi.....	147
5.5. Simulasi kapasitas dasar jalur pejalan kaki .....	149
5.6. Pengaruh posisi hambatan terhadap pergerakan pejalan kaki .....	179
5.7. Pembahasan .....	182
<b>BAB VI REKOMENDASI LEBIH LANJUT .....</b>	<b>191</b>
6.1. Umum.....	191
6.2. Prediksi perilaku pejalan kaki .....	191
6.3. Prediksi arus maksimum dan ruang minimum pejalan kaki.....	192
6.4. Perubahan standar perencanaan jalur pejalan kaki .....	194
<b>BAB VII KESIMPULAN .....</b>	<b>197</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>201</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Rerata langkah per hari setiap negara .....	6
Tabel 1.2. <i>State of the Art</i> penelitian .....	13
Tabel 2. 1. <i>Level of Service</i> (LOS) AHCM tahun 1994.....	38
Tabel 2. 2. <i>Level of Service</i> (LOS) AHCM tahun 2000.....	39
Tabel 2.3. <i>Level of Service</i> pejalan kaki pada AHCM 2010.....	40
Tabel 2.4. <i>Level of Service</i> Pejalan kaki dari HBS 2001 .....	41
Tabel 2. 5. <i>Level of Service</i> (LOS) aturan PU No.3 tahun 2014.....	41
Tabel 2. 6. Nilai kapasitas dasar MKJI 1997 .....	44
Tabel 3.1. Perkembangan penerapan kapasitas pejalan kaki (Sharifi et al., 2015).....	48
Tabel 3. 2. Model hubungan arus, kecepatan, dan kerapatan .....	55
Tabel 3.3. Aplikasi model pergerakan pejalan kaki.....	66
Tabel 4. 1. Rekapitulasi Lokasi dan Waktu Penelitian .....	95
Tabel 4. 2. Lokasi Penelitian .....	99
Tabel 4.3. Data lapangan dan data masukan model pejalan kaki .....	101
Tabel 4.4. Rencana perubahan nilai parameter <i>walking behaviour</i> .....	108
Tabel 4. 5. Kategori nilai MAPE .....	111
Tabel 5.1. Jenis pergerakan simulasi pada lokasi penelitian .....	113
Tabel 5.2. Tabel Karakteristik Pejalan Kaki .....	119
Tabel 5.3. Komposisi pejalan kaki .....	123
Tabel 5.4. Contoh Hasil Simulasi Viswalk.....	124
Tabel 5.5. hasil simulasi pejalan kaki dengan repetisi 30 buah.....	126
Tabel 5. 6. Nilai <i>walking behaviour</i> .....	128
Tabel 5.7. Nilai <i>walking behaviour</i> pada model simulasi.....	130
Tabel 5.8. Identifikasi nilai <i>walking behaviour</i> .....	144
Tabel 5.9. Perbedaan nilai modifikasi dan nilai <i>default walking behaviour</i> .....	146
Tabel 5.10. Validasi hasil simulasi .....	149
Tabel 5.11. Dimensi model pejalan kaki .....	152
Tabel 5.12. Nilai persentil nol dan 100 pada <i>desired speed</i> lokasi pengamatan .....	156
Tabel 5.13. Nilai rata-rata kecepatan dalam usulan <i>maximal mean speed curve</i> .....	156

Tabel 5.14. Nilai simulasi pejalan kaki pada keseluruhan scenario .....	161
Tabel 5.15. Tabel fungsi linear setiap skenario .....	163
Tabel 5.16. Nilai RMSE dan nilai MAPE setiap skenario.....	163
Tabel 5.17. Tabel identitas fungsi linear.....	166
Tabel 5.18. Tabel identitas fungsi linear.....	168
Tabel 5.19. Tabel identitas fungsi eksponensial .....	171
Tabel 5.20. Tabel identitas fungsi kompleks .....	173
Tabel 5.21. Persamaan fungsi kecepatan dan kerapatan.....	175
Tabel 5.22. Variasi hambatan pada setiap simulasi .....	179
Tabel 5.23. Identifikasi nilai <i>walking behaviour</i> setiap referensi.....	183
Tabel 5.24. Model pergerakan pejalan kaki pada berbagai referensi .....	186
Tabel 5.25. Nilai perbandingan hasil kecepatan maksimum pada berbagai referensi ..	187
Tabel 5.26. Arus maksimum pejalan kaki pada berbagai referensi .....	188
Tabel 5.27. Ruang pejalan kaki dalam kapasitas jalur pejalan kaki .....	189

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Kondisi Lapangan (a) dan Kondisi Simulasi (b).....	3
Gambar 1.2. Kondisi pedestrian sebelum renovasi dan setelah renovasi .....	4
Gambar 1. 3. Jalan Malioboro tempo dulu. (Hanafi, 2022).....	5
Gambar 1.4. Aktivitas jalur pejalan kaki di Stockholm (kiri) , Singapura (tengah), dan Milan (kanan). .....	6
Gambar 1.5. Road Map Penelitian.....	11
Gambar 1.6. <i>Research Gap</i> Penelitian.....	19
Gambar 2.1. Dimensi minimum pejalan kaki .....	24
Gambar 2.2. Dimensi kebutuhan pejalan kaki .....	25
Gambar 2.3. Ruang kebutuhan pejalan kaki .....	26
Gambar 2.4. Contoh hambatan jalur pejalan kaki. ....	27
Gambar 2. 5. Konsep perilaku pejalan kaki.....	28
Gambar 2.6. Tipe pejalan kaki di Indonesia saat membawa barang.....	29
Gambar 2.7. Perilaku pejalan kaki, (a) membawa troli dan (b) menggendong tas.....	32
Gambar 2.8. Grafik kecepatan–kepadatan untuk aktivitas belanja dan bekerja.....	33
Gambar 2.9. Contoh ilustrasi <i>Level of Service</i> (LOS) pejalan kaki.....	37
Gambar 3.1. Plot diagram fundamental antara arus, kecepatan, dan kepadatan .....	54
Gambar 3. 2. Ilustrasi kualitas jalur lalu lintas .....	55
Gambar 3.3. Ilustrasi hubungan kecepatan dan kepadatan pada model <i>Greenshield</i> . ....	56
Gambar 3.4. Model <i>Greenberg</i> .....	58
Gambar 3. 5. Grafik Model Underwood.....	60
Gambar 3.6. Hubungan kecepatan dan kepadatan pada berbagai nilai n. ....	62
Gambar 3.7. Kepadatan dan arus pada nilai $n > 1$ .....	62
Gambar 3.8. Grafik hubungan arus dan kepadatan. ....	64
Gambar 3.9. Diagram Fundamental pejalan kaki <i>Weidmann</i> .....	65
Gambar 3.10. Konsep pergerakan agent dalam <i>Social Force Model</i> .....	69
Gambar 3. 11. Prosedur model simulasi mikroskopik pejalan kaki .....	70
Gambar 3.13. Konsep pergerakan pejalan kaki dalam <i>Viswalk</i> .....	71

Gambar 3.14. Pengaruh parameter <i>Lambda</i> terhadap perilaku pejalan kaki .....	73
Gambar 3.15. Fenomena <i>react to n</i> .....	76
Gambar 3.16. Skema parameter <i>grid size</i> .....	77
Gambar 4.1. <i>Flowchart</i> penelitian. ....	80
Gambar 4.2. Ilustrasi pejalan kaki pria dewasa yang membawa barang di lapangan (a) dan model di Viswalk (b).....	82
Gambar 4.3. Ilustrasi pejalan kaki pria dewasa menggendong barang di lapangan (a) dan model di Viswalk (b).....	82
Gambar 4.4. Ilustrasi pejalan kaki pria dewasa tidak membawa barang di lapangan (sebelah kiri) dan model di Viswalk (sebelah kanan) .....	83
Gambar 4. 5. Ilustrasi pejalan kaki Wanita Dewasa membawa barang di lapangan (a) dan model di Viswalk (b).....	83
Gambar 4.6. Ilustrasi pejalan kaki Wanita Dewasa menggendong barang di lapangan (sebelah kiri) dan model di Viswalk (sebelah kanan) .....	84
Gambar 4. 7. Ilustrasi pejalan kaki wanita dewasa tidak membawa barang di lapangan (a) dan model di Viswalk (b) .....	84
Gambar 4.8. Contoh penempatan kamera di lokasi penelitian. ....	88
Gambar 4. 9. Pembagian zona trotoar.....	90
Gambar 4.10. Peta lokasi penelitian .....	91
Gambar 4.11. Kondisi jalur pejalan kaki di Jalan Malioboro .....	92
Gambar 4.12. Denah jalur pejalan kaki di Jalan Sardjito .....	93
Gambar 4.13. Denah lokasi trotoar di Jalan Panembahan Senopati .....	93
Gambar 4.14. Kondisi jalur pejalan kaki di Jalan Solo .....	94
Gambar 4.15. Contoh pengukuran geometrik lokasi penelitian. ....	98
Gambar 4.16. Hasil perekaman data lapangan. ....	100
Gambar 4.17. <i>Flowchart</i> proses permodelan simulasi .....	103
Gambar 4.18. <i>Flowchart</i> proses kalibrasi simulasi.....	104
Gambar 4.19. <i>Flowchart</i> proses simulasi kapasitas dasar jalur pejalan kaki. ....	106
Gambar 4.20. Contoh kesesuaian hasil simulasi dan hasil lapangan.....	110
Gambar 5. 1. Volume pejalan kaki lokasi Jalan Malioboro.....	114
Gambar 5.2. Volume pejalan kaki lokasi Jalan Sardjito.....	115
Gambar 5.3. Volume pejalan kaki lokasi Jalan Solo. ....	115

Gambar 5.4. Volume pejalan kaki lokasi Jalan Panembahan Senopati. ....	116
Gambar 5. 5. Distribusi kecepatan kumulatif Jalan Sardjito. ....	117
Gambar 5.6. Distribusi kecepatan kumulatif Jalan Solo.....	117
Gambar 5.7. Distribusi kecepatan kumulatif Jalan Panembahan Senopati.....	118
Gambar 5.8. Distribusi kecepatan kumulatif Jalan Malioboro. ....	118
Gambar 5.9. Pengaturan area berjalan kaki. ....	121
Gambar 5.10. Pengaturan <i>obstacle</i> jalur pejalan kaki. ....	122
Gambar 5. 11. Komposisi pejalan kaki dalam <i>input</i> Viswalk. ....	123
Gambar 5. 12. Desain arah pergerakan pejalan kaki dalam simulasi. ....	123
Gambar 5.13. Hasil pengamatan lapangan dan hasil simulasi model.....	124
Gambar 5.14. Grafik hubungan kecepatan dan kerapatan. ....	127
Gambar 5.15. Kecepatan simulasi vs kecepatan <i>aktual (default value)</i> ....	129
Gambar 5.16. Kombinasi nilai <i>Tau</i> terhadap kecepatan ..... 134	
Gambar 5.17. Selisih nilai kecepatan pada skenario nilai <i>Walking behaviour</i> .....	145
Gambar 5.18. Grafik simulasi kecepatan untuk nilai <i>default</i> dan nilai modifikasi <i>walking behaviour</i> .....	148
Gambar 5.19. Gambaran kebutuhan jalur penyandang disabilitas ..... 151	
Gambar 5.20. Desain sketsa jalur standar pejalan kaki dalam alat bantu Viswalk.....	151
Gambar 5.21. Ilustrasi model standar pejalan kaki dalam PTV Viswalk. ....	152
Gambar 5.22. Frekuensi kecepatan kumulatif pada lokasi Jalan Malioboro ..... 154	
Gambar 5.23.Frekuensi kecepatan kumulatif pada Jalan Panembahan Senopati. ....	154
Gambar 5.24. Frekuensi kecepatan kumulatif pada lokasi Jalan Solo.....	155
Gambar 5.25. Frekuensi kecepatan kumulatif pada lokasi Jalan Sardjito. ....	155
Gambar 5.26. Maximal <i>desired speed</i> curve untuk simulasi Viswalk.....	155
Gambar 5.27. Pemilihan persentil 85 <sup>th</sup> terbesar pada kecepatan di Jalan Malioboro... 157	
Gambar 5.28. Grafik <i>desired speed distribution</i> lokasi Jalan Malioboro pada pukul 16.45 – 17.45 WIB .....	157
Gambar 5. 29. Grafik <i>desired speed distribution</i> lokasi Jalan Panembahan Senopati pada jam 16.00–17.00 WIB.....	158
Gambar 5.30. Grafik <i>desired speed distribution</i> lokasi Jalan Solo pada jam 10.30–11.30 WIB .....	158



Gambar 5.31. Grafik <i>desired speed distribution</i> lokasi Jalan Sardjito pada jam 10.15–11.15 WIB .....	158
Gambar 5.32. Grafik <i>desired speed distribution</i> usulan <i>maximal 85<sup>th</sup> percentile</i> .....	159
Gambar 5.33. Hubungan kecepatan-kerapatan setiap skenario distribusi kecepatan. ..	160
Gambar 5.34. Data kecepatan dan kerapatan pada kondisi standar pejalan kaki .....	164
Gambar 5.35. Grafik pendekatan fungsi linear .....	165
Gambar 5.36. Grafik pendekatan optimalisasi fungsi linear .....	167
Gambar 5.37. Grafik pendekatan fungsi logaritmik .....	169
Gambar 5.38. Grafik pendekatan fungsi eksponensial .....	171
Gambar 5.39. Grafik pendekatan fungsi kompleks .....	173
Gambar 5.40. Hubungan arus dan kerapatan pada kondisi kapasitas dasar .....	176
Gambar 5.41. Hubungan arus dan kecepatan pada kondisi kapasitas dasar .....	177
Gambar 5.42. Ruang pejalan kaki ketika kondisi arus tinggi (Dridi, 2015) (a) dan ilustrasi kondisi pejalan kaki pada arus maksimum (Fruin, 1971) (b).....	178
Gambar 5.43. Visualisasi desain jalur pejalan kaki dengan hambatan. ....	180
Gambar 5. 44. Hubungan posisi hambatan dan kecepatan pejalan kaki. ....	181
Gambar 5.45. Hubungan posisi hambatan dan kerapatan pejalan kaki. ....	181
Gambar 5.46. Komponen jalur pejalan kaki. (Hendrawan dan Dwisusanto, 2017) .....	182
Gambar 5.47. Nilai Validasi setiap skenario referensi. ....	185

## DAFTAR NOTASI

Lambang	Arti	Dimensi
L	Lebar jalur pejalan kaki	meter
D	Kepadatan ( <i>density</i> )	orang/m <sup>2</sup>
N	Jumlah pejalan kaki	orang/jam
n	Jumlah data	buah
Q	Arus pedestrian	orang/min/m
T	Waktu tempuh rata-rata	detik
V	Kecepatan pejalan kaki	m/menit

## DAFTAR ISTILAH

Pedestrian/Pejalan Kaki	: setiap orang yang berjalan di ruang lalu lintas jalan.
Ruang Lalu Lintas Jalan	: prasarana yang diperuntukkan bagi gerak pindah kendaraan, orang, dan/atau barang yang berupa jalan dan fasilitas pendukung.
Jaringan Pejalan Kaki	: ruas pejalan kaki, baik yang terintegrasi maupun terpisah dengan jalan, yang diperuntukkan untuk prasarana dan sarana pejalan kaki serta menghubungkan pusat-pusat kegiatan dan/atau fasilitas pergantian moda.
Jalur Pejalan Kaki	: area yang diperuntukkan untuk pejalan kaki dan fasilitas penunjangnya yang terdiri atas jalur bagian depan gedung, jalur pejalan kaki, dan jalur perabot jalan.
Trotoar/Side Walk	: jalur pejalan kaki yang umumnya sejajar dengan sumbu jalan dan lebih tinggi dari permukaan perkerasan jalan untuk menjamin keselamatan pejalan kaki yang bersangkutan.
Volume Pejalan Kaki	: besaran jumlah pejalan kaki yang berada di jalur pejalan kaki dalam orang per meter per menit.
Kapasitas Pejalan Kaki	: daya tampung jalur pejalan kaki terhadap pengguna jalur pejalan kaki yang menunjukkan jumlah pejalan kaki maksimum yang diperkirakan dapat ditampung oleh suatu jalur pejalan kaki dengan satuan orang per meter per menit.
Parameter <i>Tau</i> ( $\tau$ )	: salah satu bagian penting dari parameter dalam PTV Viswalk yang termasuk dalam <i>driving force</i> ( <i>Fdriving</i> ) yang mendorong pejalan kaki untuk tiba di lokasi tujuan
Parameter <i>Lamdha</i> ( $\lambda$ )	: parameter dalam PTV Viswalk yang mengatur jumlah anisotropi kekuatan dari fakta bahwa peristiwa yang terjadi di belakang pejalan kaki tidak akan memberikan pengaruh sebanyak peristiwa di hadapannya.

- Parameter *A social (isotropic)* : parameter dalam PTV Viswalk yang menentukan kekuatan dasar arah pergerakan yang hanya bergantung pada jarak seorang pejalan kaki ke pejalan kaki lainnya
- Parameter *B social (isotropic)* : parameter dalam PTV Viswalk yang merupakan besarnya jangkauan dari *F<sub>soc, isotropic</sub>*.
- Parameter *A social (mean)* : parameter dalam PTV Viswalk yang menentukan kekuatan gaya dalam meter per detik persegi
- Parameter *B social (mean)* : parameter dalam PTV Viswalk yang menentukan rentang gaya dalam meter
- Parameter *VD* : parameter dalam PTV Viswalk yang bekerja bersama-sama dengan *A social (mean)* dan *B social (mean)* akan menentukan waktu yang dibutuhkan pejalan kaki untuk menjauhi pejalan kaki lain yang berjalan ke arahnya
- Parameter *noise* : parameter dalam PTV Viswalk yang menentukan kekuatan dari *random force* atau gaya acak yang terjadi pada model.
- Parameter *react to n* : parameter dalam PTV Viswalk yang digunakan untuk menetapkan jumlah maksimum pejalan kaki terdekat lainnya yang diperhimbangkan dalam perhitungan *social force model (F<sub>social</sub>)*.
- Parameter *Lamdha (λ)* : Parameter dalam PTV Viswalk yang mengatur jumlah anisotropi kekuatan dari fakta bahwa peristiwa yang terjadi di belakang pejalan kaki tidak akan memberikan pengaruh sebanyak peristiwa di hadapannya.
- Parameter *Grid Size* : Parameter dalam PTV Viswalk yang bertujuan untuk mendefinisikan jarak maksimum antara seorang pejalan kaki dengan pejalan kaki lain yang mempengaruhinya dengan cara mengatur ukuran setiap sel
- Parameter *Obstacle Distance* : Parameter dalam PTV Viswalk yang memberikan efek untuk menjaga jarak pejalan kaki terhadap dinding yang semakin meningkat seiring dengan nilai parameter yang meningkat.
- Layout* : denah dari keseluruhan jalur pejalan kaki
- Level* : ketinggian jalur pejalan kaki

- Area* : satu segmen jalur pejalan kaki (jalur menerus *atau* jalur menyeberang)
- Ramp* : jalur penghubung antar segmen jalur pejalan kaki
- Obstacle* : hambatan pada jalur pejalan kaki.
- Pedestrian type* : Jenis *atau* tipe pejalan kaki
- Pedestrian Classes* : tingkatan jenis pejalan kaki yang akan dimasukkan pada permodelan PTV Viswalk