

PEMODELAN DAN SIMULASI FASILITAS GANGWAY DI PELABUHAN PENYEBERANGAN MEULABOH

MODELLING AND SIMULATIONS OF GANGWAY FACILITY IN MEULABOH FERRY TERMINAL

Atik Kuswati, Apri Yuliani, dan Erna Mei Lestari

Pusat Penelitian dan Pengembangan Transportasi Antarmoda

Jl. Medan Merdeka Timur, No.5 Jakarta Pusat 10110, Indonesia

email: atik_eska@yahoo.com, liadonald@yahoo.co.id, dan ernamei05@yahoo.com

Diterima: 12 Juli 2017; Direvisi: 8 Agustus 2017; disetujui: 11 September 2017

ABSTRAK

Pembangunan Pelabuhan Penyeberangan Meulaboh merupakan langkah pemerintah untuk menyediakan sarana mobilisasi masyarakat dari Meulaboh – Simeulue dan sebaliknya. Pengoperasian pelabuhan penyeberangan yang rencananya akan dilaksanakan pada tahun 2016 belum dilengkapi dengan fasilitas gangway. Gangway merupakan salah satu persyaratan fasilitas pokok yang disebut di dalam KM No. 52 Tahun 2004 tentang Penyelenggaraan Pelabuhan Penyeberangan digunakan untuk proses embarkasi dan debarkasi penumpang. Dalam rangka pemenuhan fasilitas gangway, perlu dilakukan perencanaan base model pembangunan gangway yang tepat di Pelabuhan Penyeberangan Meulaboh. Dengan menggunakan software VISWALK, dapat diketahui simulasi pergerakan penumpang dan tingkat kepadatan sebagai salah satu indikator kenyamanan penumpang. Base model gangway dengan panjang 600 m dan lebar 1,5 m memiliki tingkat kepadatan 0.22 ped/m² (LOS A) dinilai cukup untuk memberikan kenyamanan bagi penumpang. Selain memperhatikan tingkat kepadatan, pembangunan gangway perlu dilengkapi dengan fasilitas dissabilitas, penunjuk arah, alat penerangan dan fasilitas peneduh.

Kata kunci: model, simulasi, gangway, dan Viswalk

ABSTRACT

Local Government has developed Meulaboh Ferry Terminal to facilitate a passenger and freight movement Meulaboh – Simeuleu and vice versa. Meulaboh Ferry Terminal will effectively operate in 2016 doesn't been equipped with gangway. Gangway is one of main requirements mentioned in Ministerial Decree No. 52/2004 concerning on The Implementation of Ferry Terminal, which is used by passengers or crew to get on and get off the ships. In order to support a gangway construction, it is necessary to plan the right base model of gangway at the Meulaboh Ferry Terminal. The use of VISWALK software, allows to see a passenger movement simulation and calculate a density as one of performance indicators. A base model of gangway, with length of 600 m and width of 1.5 m, has an average density of 0.22 ped/m² (LOS A) which is considered as an appropriate degree of comfort for pedestrians. In addition, a gangway construction needs to be equipped with facilities of disability, direction, lighting and shade facilities.

Keywords: modelling, simulation, gangway, and Viswalk

PENDAHULUAN

Pelabuhan Meulaboh berada di Kuala Bubon, Samatiga, Aceh Barat. Selama sepuluh tahun terakhir ini, layanan penyeberangan Meulaboh – Simeulue dilakukan melalui Pelabuhan di Labuhan Haji, Abdya.

Sampai saat ini, pembangunan Pelabuhan Meulaboh mendapatkan respon yang baik dari para masyarakat Aceh Barat dan sekitar. Hal ini dikarenakan penyeberangan melalui Pelabuhan Meulaboh dinilai lebih efisien dan efektif. Masyarakat harus mengeluarkan biaya berlipat ketika akan menyeberang ke Simeulue karena harus ke Pelabuhan Labuhan Haji (Aceh Selatan) dulu. Selain biaya, masyarakat juga membutuhkan waktu perpindahan yang lebih lama. Dengan demikian, pembangunan

Pelabuhan Penyeberangan Meulaboh dapat memudahkan perpindahan masyarakat Simeulue yang beraktivitas di Meulaboh.

Harapan pemerintah setempat, dengan adanya Pelabuhan Meulaboh dapat memberikan peluang peningkatan kunjungan kapal terutama kapal pesiar, sehingga nantinya dapat meningkatkan pendapatan bagi Aceh Barat di sektor Pendapatan Asli Daerah. Selain itu, berdasarkan Antara News.com (9 Oktober 2002), saat ini Pelabuhan Jetti Meulaboh sudah dijadikan sebagai pelabuhan induk transportasi laut di pantai barat Aceh, sehingga peluang peningkatan taraf ekonomi rakyat lebih cepat terwujud.

Pembangunan Pelabuhan Meulaboh dimulai sejak tahun 2010 dengan total anggaran Kementerian

Perhubungan kurang lebih sebesar Rp 30 Miliar. Tahap pertama 2010, pengerjaan pelabuhan penyeberangan di Gampong Teugoh, Kecamatan Sama Tiga, Aceh Barat, menyerap anggaran Rp. 19 miliar untuk alokasi dana penimbunan areal sisi darat dan ring pancang diameter 50 sentimeter. Sementara pada tahap kedua 2011 pengerjaan *causeway* dengan alokasi dana Rp. 4,5 miliar kemudian tahap ketiga 2012 menghabiskan dana Rp. 6,5 miliar untuk pembangunan pemancang tiang 100 meter dan pengerjaan lantai beton *trestle*.

Pembangunan Pelabuhan Penyeberangan Meulaboh sudah selesai pada tahun 2017 dan akan segera di operasikan untuk melayani penumpang. Hanya saja, sampai saat ini belum tersedia fasilitas *gangway* di Pelabuhan Meulaboh. *Gangway* merupakan jalan penumpang keluar atau masuk kapal. Keberadaan fasilitas *gangway* dapat meningkatkan kenyamanan, keamanan dan keselamatan penumpang.

Sebelum Pelabuhan Penyeberangan Meulaboh dioperasikan, perlu dipastikan seluruh fasilitas di Pelabuhan Penyeberangan Meulaboh sudah sesuai dengan syarat minimal pelayanan pelabuhan penyeberangan. Salah satunya yaitu, perencanaan pembangunan *gangway* sesuai dengan permintaan Pemerintah Kabupaten Aceh yang tertuang dalam Surat Bupati Aceh Barat No. 551/027/II/2016 tanggal 25 Februari 2016 perihal usulan penambahan *gangway* dan fasilitas pendukung operasional Pelabuhan Penyeberangan Meulaboh. Fasilitas *gangway* merupakan satu-satunya fasilitas pokok yang belum tersedia di Pelabuhan Penyeberangan Meulaboh.

Sesuai dengan latar belakang tersebut, tujuan penelitian ini yaitu untuk menyusun rekomendasi perencanaan fasilitas *gangway* di Pelabuhan Penyeberangan Meulaboh.

METODE PENELITIAN

Secara keseluruhan tahapan kegiatan kajian ini mencakup tahapan kegiatan persiapan, pengumpulan data, pengolahan dan penyajian data, serta penulisan laporan. Tahapan persiapan meliputi perencanaan studi, penyusunan konsep, definisi dan klasifikasi, analisis kebutuhan data, inventarisasi dan identifikasi data.

Studi ini dilatarbelakangi dengan adanya surat usulan penambahan *gangway* dan fasilitas pendukung operasional Pelabuhan Penyeberangan Meulaboh yang akan segera diresmikan dan beroperasi. *Gangway* merupakan peralatan yang digunakan untuk membantu seseorang masuk ke (berangkat) dan keluar (turun) dari kapal atau perahu dikenal sebagai sebuah *gangway*. Secara teknis, *gangway* adalah seperti sebuah jalan yang halus dan miring. Di kapal, *gangway* terutama digunakan oleh penumpang

atau kru untuk masuk atau keluar kapal dan kadang-kadang juga digunakan untuk bongkar muat kargo.

Studi diawali dengan identifikasi kondisi fasilitas dan inventarisasi literatur terkait pelayanan penumpang di pelabuhan penyeberangan. *Gangway* termasuk ke dalam fasilitas pokok sebuah pelabuhan penyeberangan. Usulan pembangunan *gangway* sebaiknya disertakan dengan *design* pembangunannya. Dalam studi ini, permodelan *gangway* dilakukan dengan *software* VISWALK. Untuk melakukan permodelan dan simulasi melalui *software* ini, dibutuhkan data primer dan sekunder seperti berikut:

1. Kecepatan penumpang berjalan dari dan menuju kapal;
2. Data *travel time* atau lama waktu yang diperlukan penumpang berjalan dari dan menuju kapal;
3. Jaringan pelayanan, sarana dan prasarana, fasilitas pendukung operasional Pelabuhan Penyeberangan Meulaboh;
4. Jumlah penumpang penyeberangan di Pelabuhan Penyeberangan Meulaboh;
5. Jumlah kunjungan kapal penyeberangan di Pelabuhan Penyeberangan Meulaboh;
6. Kebijakan pengembangan jaringan pelayanan, sarana dan prasarana, fasilitas pendukung operasional di Pelabuhan Penyeberangan Meulaboh.

Melalui VISWALK, dapat diperoleh skenario permodelan yang dinilai tepat berdasarkan hasil data kepadatan pejalan kaki, kecepatan pejalan kaki, waktu tempuh dan jarak tempuh. Data dimaksud juga digunakan untuk memvalidasi model dengan kondisi aktual.

Kegiatan pengumpulan data dari berbagai sumber data sesuai dengan hasil inventarisasi data yang dibutuhkan dalam studi. Studi pustaka bertujuan untuk mengetahui standar minimal dari sebuah pelayanan. Input data sekunder untuk pemodelan dilakukan dengan *software* VISWALK. Metode ini bertujuan untuk simulasi pergerakan penumpang dari dan menuju kapal. Simulasi *base model* memberikan *output* indikator pelayanan yang digunakan sebagai acuan kenyamanan dari fasilitas *gangway*.

A. Model Pergerakan Pejalan Kaki

Beberapa teori mengenai *pedestrian dynamics* menyebutkan terdapat tiga tingkatan berbeda mengenai perilaku pejalan kaki yaitu *strategic level*, *tactical level*, dan *operational level* (S.P Hoogendorn, P.H.L. Bovy, and W.Daamen, 2001) dan (Schadshneider et al, 2008). Pada tingkatan pertama, yaitu pada strategi *level*, tujuan pejalan kaki ditentukan, pada *level* ini belum ditentukan rute alternatif. Sedangkan pada *tactical level*, pejalan kaki sudah mengumpulkan

informasi mengenai rute dan menentukan rute yang akan diambil. Pemilihan rute dipengaruhi oleh ada tidaknya rintangan di suatu lokasi dan hal-hal lain yang bersifat *macroscopic* seperti pergerakan pejalan kaki (kecepatan, kepadatan, pergerakan). Operasional *level* menggambarkan kondisi aktual perilaku pejalan kaki seperti kecepatan, reaksi, dan antisipasi jika terjadi rintangan, atau upaya untuk menghindari terjadinya tabrakan. Pada operasional *level* inilah nampak bagaimana pejalan kaki melakukan penyesuaian-penyesuaian untuk mencapai tujuan yang sudah ditetapkan pada *level* sebelumnya. Helbing (1992) menggunakan teori *fluid dynamical* dengan lebih baik untuk menggambarkan pergerakan pejalan kaki. Pada model yang digunakan sudah melihat perbedaan pergerakan pejalan kaki dengan *normal fluids* (aliran normal) seperti fakta bahwa setiap pejalan kaki memiliki preferensi dalam menentukan arah ketika berjalan. Setiap tipe pejalan kaki (yang memiliki kepentingan atau keinginan yang sama dalam menentukan arah dan pergerakan) memiliki karakteristik yang ditentukan oleh tempat, kecepatan aktual, dan kecepatan yang diinginkan. Kemudian setiap kepadatan untuk setiap tipe pergerakan dihitung pada daerah tertentu. Hal ini merepresentasikan jumlah pejalan kaki secara spesifik pada setiap area. Perhitungan tersebut diturunkan dari persamaan diferensial untuk kepadatan spasial, nilai tengah kecepatan, dan variansi kecepatan pada setiap tipe pergerakan. Hasil dari persamaan tersebut digabungkan dengan persamaan fluida. Menurut Helbing, perubahan kepadatan pada setiap pergerakan yang berbeda diakibatkan oleh: maksud pejalan kaki untuk mencapai kecepatan yang diinginkan, interaksi antara pejalan kaki, pejalan kaki yang mengubah arah pergerakan, kepadatan yang dapat bertambah atau berkurang yang dapat dimodelkan masuk dan keluar pejalan kaki dimana pejalan kaki dapat masuk atau keluar meninggalkan sistem. Robin (2011) perilaku pejalan kaki diidentifikasi pada operasional *level*. Dengan menggunakan konsep *discrete choice modeling* melihat lebih

dalam pada aspek perilaku pejalan kaki dengan melihat reaksi berbeda dengan model yang menggunakan konsep matematika dan fisika murni. Model yang dikembangkan adalah “*Next step model*” mengusulkan pola berjalan dimana pejalan kaki melakukan langkah selanjutnya diantara 33 alternatif, ke 33 alternatif tersebut memiliki aturan 11 kemungkinan untuk mengubah arah dan 3 kemungkinan mengubah kecepatan yaitu kecepatan, konstan, mempercepat, dan memperlambat. Model ini secara *microscopic* sudah di kalibrasi dengan data pola pejalan kaki aktual dan dapat merealisasikan perilaku pejalan kaki lebih realistis, namun model ini masih mengalami kendala untuk memodelkan jika pejalan kaki kembali melakukan perjalanan setelah berhenti berjalan untuk beberapa saat.

Berbagai definisi *level of service* dikembangkan oleh berbagai peneliti. Seperti yang terlihat pada tabel 1, menurut Fruin (1971) terdapat enam *level of services* untuk fasilitas pejalan kaki (tempat pejalan kaki, tangga, dan antrian) dilihat berdasarkan rata-rata *occupancy* dari suatu area (kepadatan) dan pergerakan. *Level of services breakpoints* pada Fruin’s standar ditentukan atas dasar kecepatan berjalan, jarak antar pejalan kaki, dan kemungkinan terjadinya konflik pada berbagai konsentrasi arus lalu lintas.

Fruin standar diperbaiki oleh *National Cooperative Highway Research Program* dan menjadi *Highway Capacity Manual* seperti yang terlihat pada tabel 2. Pada standar ini perbedaan antar *level* memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan Fruin standar.

Ambang batas tersebut dikembangkan berdasarkan pada ruang pejalan kaki rata-rata, pribadi kenyamanan, dan tingkat mobilitas internal. LOS disajikan dalam luas rata-rata per orang dan ruang interpersonal rata-rata (jarak antara orang).

LOS yang dibutuhkan pada fasilitas ruang tunggu adalah fungsi dari jumlah waktu menunggu, jumlah orang yang menunggu, dan tingkat kenyamanan yang diinginkan. Biasanya, semakin lama menunggu, semakin besar ruang

Tabel 1. Level of Service Untuk Pejalan Kaki Menurut Fruin

LOS	Maximum Density (ped/m ²)
A	<0.308
B	<0.431
C	<0.718
D	<1.076
E	<2.153
F	≥2.153

Sumber: Scenario Analysis of Pedestrian Flow in Public Space, 2012

Tabel 2. Level of Service Untuk Pejalan Kaki Menurut National Cooperative Highway Research

LOS	Minimum Jarak Antar Pejalan Kaki atau Kepadatan Maksimum	Maksimum Rata-rata Pergerakan Per Unit Lebar Pedestrian
A	($>60 \text{ ft}^2/\text{ped}$) atau ($>0.179 \text{ ped}/\text{m}^2$)	$\leq 300 \text{ peds}/\text{hr}/\text{ft}$
B	($>40 \text{ ft}^2/\text{ped}$) atau ($>0.270 \text{ ped}/\text{m}^2$)	≤ 420
C	($>240 \text{ ft}^2/\text{ped}$) atau ($>0.455 \text{ ped}/\text{m}^2$)	≤ 600
D	($>15 \text{ ft}^2/\text{ped}$) atau ($>0.714 \text{ ped}/\text{m}^2$)	≤ 900
E	($>8 \text{ ft}^2/\text{ped}$) atau ($>1.333 \text{ ped}/\text{m}^2$)	≤ 1380
F	($\leq 8 \text{ ft}^2/\text{ped}$) atau ($\geq 1.333 \text{ ped}/\text{m}^2$)	≤ 1380

Sumber: Scenario Analysis of Pedestrian Flow in Public Space, 2012

Tabel 3. Tingkat Pelayanan Bagi Antrian Penumpang dan Ruang Tunggu

LOS	Average Pedestrian Area		Average Inter-Person Spacing	
	(ft^2/p)	(m^2/p)	(ft)	(m)
A	≥ 13	≥ 1.2	≥ 4.0	≥ 1.2
B	10-13	0.9-1.2	3.5-4.0	1.1-1.2
C	7-10	0.7-0.9	3.0-3.5	0.9-1.1
D	3-7	0.3-0.7	2.0-3.0	0.6-0.9
E	2-3	0.2-0.3	< 0.2	< 0.6
F	< 2	< 0.2	variable	variable

Sumber: Transit Cooperative Research Program

Tabel 4. Ruang yang Dibutuhkan untuk Berbagai Fungsi Ruang ($\text{m}^2/\text{penumpang}$)

Aktivitas	Situasi	Standar Levels of Service (LOS)					
		A	B	C	D	E	F
Waiting and circulating	Bergerak bebas	2.7	2.3	1.9	1.5	1.0	< 1.0
Bag claim area (outside claim device)	Bergerak, dengan bagasi-bagasi	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	< 1.2
Check-in queues	Antrian, dengan bagasi-bagasi	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	< 1.0
Hold room; government inspection area	Antrian, tanpa bagasi-bagasi	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	< 0.6

Sumber: adopsi dari LATA 2005

per orang dibutuhkan. Seseorang toleransi tingkat kepadatan akan bervariasi dengan waktu. Penerimaan seseorang dari jarak antar orang yang dekat juga akan tergantung pada karakteristik populasi, kondisi cuaca, dan jenis fasilitas.

Pada tabel 4 menunjukkan bahwa tingkat layanan A memiliki situasi berdiri dan sirkulasi bebas melalui daerah antrian tanpa mengganggu orang lain dalam antrian. Tingkat layanan B dengan situasi berdiri dan sirkulasi sebagian dibatasi untuk menghindari mengganggu orang lain dalam antrian. Tingkat layanan C dengan situasi berdiri dan sirkulasi terbatas melalui daerah antrian mengganggu orang lain dan kepadatan berada dalam kisaran kenyamanan pribadi. Tingkat layanan D dengan situasi berdiri tanpa menyentuh adalah tidak mungkin, sirkulasi sangat terbatas dalam antrian dan gerak maju

hanya mungkin sebagai kelompok, jangka panjang menunggu pada kondisi kerapatan ini adalah tidak nyaman. Terakhir, tingkat layanan E dengan situasi berdiri dengan kontak fisik dengan orang lain tidak dapat dihindari, sirkulasi dalam antrian tidak mungkin, mengantri di kepadatan ini hanya dapat dipertahankan untuk waktu yang singkat tanpa ketidaknyamanan serius. Tingkat layanan F dengan situasi hampir semua orang di dalam antrian berdiri dengan kontak fisik langsung dengan orang lain, kepadatan sangat tidak nyaman, tidak ada gerakan yang mungkin dalam antrian, potensi untuk mendorong dan panik ada.

Sebagian besar referensi-referensi baik dari dalam negeri maupun luar negeri mengadopsi dari IATA untuk standar kenyamanan. Standar kenyamanan ruang tunggu menurut IATA sendiri disajikan pada Tabel 4. dan definisi dari Levels

Tabel 5. Definisi dari standar *Levels of Services* (LOS)

<i>Level of Service</i>	Keterangan Standar		
	Kualitas dan Kenyamanan	Kondisi Aliran	Penundaan Keberangkatan
A	Istimewa	Aliran Bebas	Tidak ada
B	Sangat Baik	Stabil, tetap	Sangat sedikit
C	Baik	Stabil, tetap	Dapat diterima
D	Cukup Baik	Tidak stabil, berhenti dan jalan	Hampir tidak dapat diterima
E	Kurang Baik	Tidak stabil, berhenti dan jalan	tidak dapat diterima
F	Buruk	Aliran menyilang	Layanan Terganggu

Sumber: adopsi dari IATA 2005

Tabel 6. Tingkatan Standar Pelayanan Jalur Pejalan Kaki

Tingkat Pelayanan	Jalur Pejalan Kaki (m ² /orang)	Kecepatan Rata-rata (m/menit)	Vol Arus Pejalan Kaki (orang/m/menit)	Vol/Kapasitas Ratio
A	= 12	= 78	= 6.7	= 0.08
B	= 3.6	= 75	= 23	= 0.28
C	= 2.2	= 72	= 33	= 0.40
D	= 1.4	= 68	= 50	= 0.60
E	= 0.5	= 45	= 83	= 1.00
F	< 0.5	< 45	variabel	1.00

Sumber : PermenPUPR No.03/PRT/M/2014

of Services (LOS) tersebut disajikan pada Tabel 5.

Berdasarkan hasil studi *Transit Cooperative Research Program* dan *The International Air Transport Association* (IATA), pustaka dari IATA lebih dapat mewakili kondisi terminal penumpang karena seluruh aspek diukur standar kenyamanannya.

B. PermenPUPR No.03/PRT/M/2014 tentang Pedoman Perencanaan, Penyediaan, dan Pemanfaatan Prasarana dan Sarana Jaringan Pejalan Kaki di Kawasan Perkotaan.

Berdasarkan PermenPUPR No.03/PRT/M/2014 tentang Pedoman Perencanaan, Penyediaan, dan Pemanfaatan Prasarana dan Sarana Jaringan Pejalan Kaki di Kawasan Perkotaan, kebutuhan ruang pejalan kaki berdasarkan dimensi tubuh manusia, yaitu tanpa membawa barang dan keadaan diam yaitu 0.27m², tanpa membawa barang dan keadaan bergerak yaitu 1.08m², dan membawa barang dan keadaan bergerak yaitu antara 1.35 – 1.62 m².

Ruang bebas jalur pejalan kaki memiliki kriteria diantaranya memberikan keleluasaan pada pejalan kaki, mempunyai aksesibilitas tinggi, menjamin keamanan dan keselamatan, memiliki pandangan bebas terhadap kegiatan sekitarnya maupun koridor jalan keseluruhan, dan mengakomodasi kebutuhan sosial pejalan. Standar pelayanan jalur pejalan kaki seperti yang ditunjukkan pada tabel 6, terdiri atas:

1. Standar A, para pejalan kaki dapat berjalan dengan bebas, termasuk dapat menentukan arah berjalan dengan bebas, dengan kecepatan yang relatif cepat tanpa menimbulkan gangguan antar pejalan kaki. Luas jalur pejalan kaki ≤ 12 m² per orang dengan arus pejalan kaki <16 orang per menit per meter
2. Standar B, para pejalan kaki masih dapat berjalan dengan nyaman dan cepat tanpa mengganggu pejalan kaki lainnya, namun keberadaan pejalan kaki yang lainnya sudah mulai berpengaruh pada arus pejalan kaki. Luas jalur pejalan kaki $\leq 3,6$ m² per orang dengan arus pejalan kaki >16-23 orang per menit per meter.
3. Standar C, para pejalan kaki dapat bergerak dengan arus yang searah secara normal walaupun pada arah yang berlawanan akan terjadi persinggungan kecil, dan relatif lambat karena keterbatasan ruang antar pejalan kaki. Luas jalur pejalan kaki $\leq 2,2-3,5$ m²/orang dengan arus pejalan kaki >23-33 orang per menit per meter.
4. Standar D, para pejalan kaki dapat berjalan dengan arus normal, namun harus sering berganti posisi dan merubah kecepatan karena arus berlawanan pejalan kaki memiliki potensi untuk dapat menimbulkan konflik. Standar ini masih menghasilkan arus ambang nyaman untuk pejalan kaki tetapi berpotensi timbulnya persinggungan dan interaksi antar pejalan kaki. Luas jalur pejalan kaki $\leq 1,2-2,1$ m²/orang dengan arus pejalan kaki > 33-49 orang per menit per meter.

5. Standar E, para pejalan kaki dapat berjalan dengan kecepatan yang sama, namun pergerakan akan relatif lambat dan tidak teratur ketika banyaknya pejalan kaki yang berbalik arah atau berhenti. Standar E mulai tidak nyaman untuk dilalui tetapi masih merupakan ambang bawah dari kapasitas rencana ruang pejalan kaki. Luas jalur pejalan kaki $\leq 0,5-1,3 \text{ m}^2/\text{orang}$ dengan arus pejalan kaki $> 49-75$ orang per menit per meter
6. Standar F, para pejalan kaki berjalan dengan kecepatan arus yang sangat lambat dan terbatas karena sering terjadi konflik dengan pejalan kaki yang searah atau berlawanan. Standar F sudah tidak nyaman dan sudah tidak sesuai dengan kapasitas ruang pejalan kaki. Luas jalur pejalan kaki $< 0,5 \text{ m}^2/\text{orang}$ dengan arus pejalan kaki beragam.

C. VISWALK/*Pedestrian Simulation*

Tidak seperti kendaraan, pejalan kaki adalah perjalanan individu dan tidak mengikuti aturan ketat. Mereka spontan berhenti, perubahan arah atau berbelok seketika. Viswalk adalah alat bantu simulasi pejalan kaki, yang dikembangkan berdasarkan model ilmiah dengan memperhitungkan psikologi perilaku manusia berjalan.

Integrasi penuh dengan VISSIM dapat memberikan hasil penelitian sekaligus pada satu simulasi lalu lintas dan pejalan kaki dalam model yang sama. Aplikasi Viswalk termasuk transportasi umum stasiun pemodelan, analisis evakuasi, penyelidikan ruang bersama, olahraga dan manajemen acara khusus, desain ruang publik, dll

Pergerakan pejalan kaki dalam VISSIM dengan Viswalk didasarkan pada *Social Force Model* (Helbing dan Molnar, 1995). Prinsip dasar dari *Social Force Model* adalah model dorongan dasar untuk gerak pejalan kaki analog dengan mekanika Newton. Dari hasil kekuatan sosial, psikologis, dan kekuatan fisik total, yang akhirnya menghasilkan sebuah parameter percepatan fisik pejalan kaki. Kekuatan ini muncul dari keinginan pejalan kaki untuk mencapai tujuan, dari pengaruh pejalan kaki dan hambatan lain di lingkungannya.

Prof. Dr. Dirk Helbing adalah penasihat ilmiah untuk PTV GROUP, yang memperluas *Social Force Model* untuk penggunaan pada Viswalk. Model simulasi ini divalidasi dalam tiga cara yang berbeda:

Pertama, parameter makroskopik dihitung dan disesuaikan dengan data empiris. Kedua,

efek mikroskopis seperti pembentukan jalur (*counterflow*) dan pembentukan *stripe* (*crossing*) dapat direproduksi. Ketiga, animasi yang dihasilkan harus direpresentasikan mendekati kenyataan yang terjadi.

Perilaku pejalan kaki dapat dibagi menjadi tiga tingkatan hirarkis (Hoogendoorn et al, 2001.):

1. Pada tingkat strategis menit ke jam, pejalan kaki merencanakan rutenya, menghasilkan daftar tujuan;
2. Pada tingkat taktis detik untuk menit, pejalan kaki memilih rute antara tujuan sehingga ia mengambil jaringan rute perjalanan yang ada;
3. Pada tingkat operasional milidetik untuk detik, pejalan kaki melakukan gerakan yang sebenarnya. Dia menghindari pejalan kaki sehingga melaju, menavigasi kerumunan padat, atau hanya melanjutkan pergerakan menuju tujuannya.

Social Force Model mengendalikan tingkat operasional dan merupakan bagian dari tingkat taktis.

D. Kecepatan Pejalan Kaki

Pada simulasi *gangway*, tidak ditemukan area *measurement* yang berbeda secara signifikan. Pejalan kaki di beberapa titik pertemuan dianggap memiliki kecepatan berjalan yang sama. Perpindahan penumpang dari fasilitas darat menuju kapal dan sebaliknya dirancang tidak menggunakan tangga kapal. Sehingga jalur embarkasi dan debarkasi penumpang dari atau menuju kapal tidak memiliki hambatan yang dapat menyebabkan konflik dan penurunan kecepatan.

Menurut hasil penelitian Indriastiwi (2015) seperti yang terlihat pada tabel 7 dan gambar 1, rata-rata kecepatan pejalan kaki laki-laki dan perempuan ketika berjalan di ruang terminal hingga sebelum naik tangga kapal adalah 2.10 km/jam dan 2.12 km/jam dengan kecepatan maksimum 2.40 km/jam dan 2.46 km/ jam serta kecepatan minimum yaitu 1.80 km/jam.

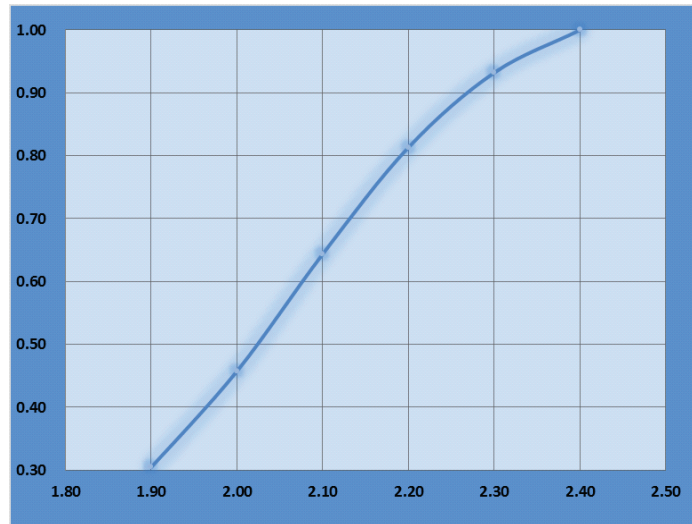
Terdapat beberapa penelitian yang pernah dilakukan oleh pemerhati di bidang transportasi berkaitan dengan judul ini. Namun, terdapat perbedaan pada fokus dan objek penelitian. Beberapa penelitian terkait sebagai berikut:

1. *Fuzzy Ant Colony Paradigm For Virtual Pedestrian Simulation* oleh A.Boulmakoul et al. Studi mengenai pejalan kaki sudah banyak dikembangkan di berbagai area termasuk pada perencanaan pada *public trip*, dan faktor manusia untuk evakuasi gedung atau situasi lain dimana banyak orang atau massa berkumpul seperti

Tabel 7. Distribusi Kumulatif Kecepatan Penumpang Ketika Berjalan di Area Ruang Terminal

Interval	Frekuensi	Relative Freq	Cum Freq
1.80-1.89	6	0.10	
1.90-1.99	12	0.20	0.31
2.00-2.09	9	0.15	0.46
2.10-2.19	11	0.19	0.64
2.20-2.29	10	0.17	0.81
2.30-2.39	7	0.12	0.93
2.40-2.49	4	0.07	1.00
Total	59	1	

Sumber: Indriastiwi (2015)



Gambar 1. Grafik Distribusi Kumulatif Kecepatan Penumpang Ketika Berjalan di Area Ruang Terminal.

pada pertandingan olah raga dll. Pada penelitian ini menggambarkan sistem simulasi virtual pedestrian/ pejalan kaki virtual. Penelitian ini menggabungkan konsep *fuzzy ant model* dan *cellular automaton model*. Mengadopsi *fuzzy model* dikarenakan memiliki kemampuan untuk merepresentasikan ketidakpastian dan ketidaktepatan mengenai persepsi terhadap ruang. Pada model yang dibuat dalam penelitian ini digunakan untuk merepresentasikan keinginan dan jarak pandang pejalan kaki secara virtual. Hasil simulasi menyatakan prediksi yang diberikan oleh *first order traffic flow theory*.

2. *Pedestrian in Microscopic Traffic Simulation Comparison Between Software Viswalk and Legion for Aimsun* (2013) oleh Stina Alexander. Tujuan dari studi ini adalah menganalisis utilitas dan kemungkinan untuk integrasi pejalan kaki pada *microscopic traffic simulation* termasuk membandingkan dua *software* yaitu Viswalk dan Legion for Aimsun dengan tambahan analisis untuk menentukan pemilihan *software* untuk situasi yang berbeda. Studi ini dilaksanakan dalam empat tahapan. Tahap yang pertama adalah

gambaran umum mengenai *pedestrian planning* dengan mempertimbangkan karakteristik pejalan kaki dan kebutuhan untuk mengukurnya. Pada tahap ini diketahui bahwa untuk melihat fungsi dari sebuah *software* harus mempertimbangkan cara membangun model, perilaku pejalan kaki, dan pengukuran kinerja/ *performance*. Tahap kedua adalah melihat perbedaan antara *software* Viswalk dan Legion for Aimsun dengan mempertimbangkan aspek pada tahap pertama. Pada tahap ini ditemukan perbedaan pada kedua *software* terletak pada definisi tipe pejalan kaki, definisi awal untuk *crossing* pejalan kaki dan fitur untuk memodelkan pejalan kaki sebagai penumpang *public transport*. Tahap ketiga dilakukan simulasi pada kedua *software* tersebut untuk melihat dan mengevaluasi aspek kemudahan penggunaan dan kemampuan untuk dilakukan modifikasi pada perilaku pejalan kaki dan pengukuran kinerja. Untuk tahap ke empat dilakukan analisis SWOT. Perbedaan terbesar pada dua *software* tersebut, Viswalk lebih transparan dan menyediakan lebih kemungkinan untuk melakukan modifikasi, sedangkan Legion

for *Aimsum* lebih mudah digunakan dan memiliki hasil visualisasi yang lebih baik. Untuk setiap situasi, kegunaan simulasi dan kemungkinan yang disediakan oleh *software* yang tersedia, menentukan apakah simulasi lalu lintas pejalan kaki dapat dilakukan atau tidak, dan *software* yang dianalisis dalam studi ini memiliki utilitas yang besar dan banyak kemungkinan untuk integrasi pejalan kaki dalam simulasi lalu lintas mikroskopik. pejalan kaki akan lebih fokus masuk dalam perencanaan lalu lintas dan layak mendapat pengakuan yang lebih besar dalam simulasi lalu lintas mikroskopik.

3. Pemodelan Pergerakan Penumpang Di Terminal Penumpang Pelabuhan Tanjung Priok (2015) oleh Fitri Indriastiwi dkk

Kajian ini dimaksudkan untuk membuat pemodelan pergerakan penumpang dari masuk ke terminal penumpang Pelabuhan Tanjung Priok menggunakan *software* Viswalk. Dari hasil analisis untuk kondisi *base model* dibandingkan dengan kondisi skenario perbaikan yaitu mengoptimalkan jumlah pintu yang ada pada area keluar dari terminal penumpang menuju ke kapal serta menambah jumlah pintu masuk ke terminal penumpang dengan konsekuensi menambah jumlah *x-ray*. Dengan menambah jumlah pintu maka kepadatan penumpang saat masuk terminal penumpang dan keluar terminal penumpang untuk menuju ke kapal menjadi lebih berkurang. Dari hasil simulasi skenario perbaikan, didapatkan *travel time* rata-rata berkurang menjadi 255.92 detik dari sebelumnya 318 detik. Untuk *density average* yang tertinggi pada *area measurement* 3 yaitu area di tangga yaitu sebanyak 4.67 ped/m² berkurang dari *density average* sebelumnya yaitu 6.92 ped/m² namun masih berada pada LOS F dengan hampir semua orang di dalam antrian berdiri dengan kontak fisik langsung dengan orang lain, kepadatan sangat tidak nyaman, tidak ada gerakan yang mungkin dalam antrian, ada

potensi untuk mendorong dan panik.

Density average pada *area measurement* 4 yaitu area ketika akan naik tangga, memiliki *density average* sebesar 1.44 ped/m² berkurang dari sebelumnya 1.76 ped/m² dan memiliki LOS E yang berarti berdiri dengan kontak fisik dengan orang lain tidak dapat dihindari, sirkulasi dalam antrian tidak mungkin, mengantri di kepadatan ini hanya dapat dipertahankan untuk waktu yang singkat tanpa ketidaknyamanan serius. Tidak hanya di *area measurement* 3 dan 4, skenario perbaikan dapat menurunkan *density average* di seluruh *area measurement*. Skenario perbaikan dapat menjadi alternatif untuk mengurangi antrian penumpang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pelabuhan Penyeberangan Meulaboh

Pelabuhan Penyeberangan Meulaboh seperti yang terlihat pada gambar 2 terletak wilayah Desa Gampong Teungoh, Kecamatan Samatiga, Kabupaten Aceh Barat, Provinsi Aceh, panjang dermaga 392,4 meter dan dapat disandari kapal berkapasitas 1.000 GT. Pelabuhan Penyeberangan Meulaboh juga dilengkapi sebuah *Movable Bridge*. Selain itu terdapat sejumlah fasilitas lain di Pelabuhan Penyeberangan Meulaboh seperti gedung kantor, area parkir, *causeway*, *trestle* berukuran 295 x 6 meter. Selesai dibangun pada tahun 2015, Pelabuhan Penyeberangan Meulaboh diharapkan dapat meningkatkan pertumbuhan ekonomi yang pesat dan merata khususnya di Meulaboh, Kabupaten Aceh Barat. Pembangunan Pelabuhan Penyeberangan Meulaboh adalah perwujudan Indonesia Sentris seperti tertuang dalam program Nawa Cita Presiden Joko Widodo, membangun Indonesia dari pinggiran. Pembangunan Pelabuhan Penyeberangan Meulaboh sejalan dengan fokus kerja Kementerian Perhubungan meningkatkan kapasitas sarana, prasarana dan kualitas pelayanan transportasi.



Gambar 2. Pelabuhan Penyeberangan Meulaboh.

B. Data Penumpang Angkutan Penyeberangan Rute Meulaboh - Sinabang

Saat ini penyeberangan dari Kabupaten Aceh Barat menuju Sinabang hanya dilayani melalui Pelabuhan Labuhan Haji dengan frekuensi rata-rata empat kali seminggu. Pergerakan penumpang dari/ke Meulaboh-Sinabang tidak akan jauh berbeda dengan pergerakan penumpang dari/ke Labuhan Haji-Sinabang.

Data operasional angkutan penyeberangan Labuhan Haji - Sinabang Tahun 2015 terlihat pada tabel 8. Asumsi yang digunakan adalah data KMP.Teluk Sinabang tahun 2015 dengan *load factor* mencapai 75,03% dari realisasi yaitu: 198 frekuensi perjalanan kapal, 35.653 penumpang, 12.260 unit kendaraan, dan 28.707 ton/m³ barang. Asumsi penumpang menggunakan data KMP. Teluk Sinabang dikarenakan rencana layanan trayek Meulaboh-Sinabang adalah

mengambil alih trayek Labuhan Haji-Sinabang dengan frekuensi kedatangan/keberangkatan kapal sebanyak 3 (tiga) kali seminggu.

Berdasarkan data jumlah penumpang KMP. Teluk Sinabang Tahun 2015 seperti yang terlihat pada tabel 9, diperoleh informasi rata-rata jumlah penumpang per kunjungan kapal yaitu sebanyak 205 penumpang dan menjadi acuan dalam melakukan simulasi pergerakan penumpang pada fasilitas *gangway*.

C. Kapal Angkutan Penyeberangan Rute Meulaboh-Sinabang

Kapal *ferry* yang akan melayani rute Meulaboh-Sinabang yaitu KMP. Teluk Sinabang milik PT. (Persero) Angkutan Sungai Danau dan Penyeberangan (ASDP). Karena saat ini KMP. Teluk Sinabang masih melayani rute Labuan Haji-Sinabang, namun apabila Pelabuhan

Tabel 8. Data Operasional Angkutan Penyeberangan Labuhan Haji – Sinabang Tahun 2015.

Bulan	Frek (trip)	Jumlah Penumpang (orang)	Jumlah Kendaraan (unit)	Jumlah Barang (Ton/m3)
Januari	16	4.047	1.429	2.470
Februari	16	3.017	1.299	2.762
Maret	18	2.252	1.324	2.180
April	16	2.058	809	1.862
Mei	15	2.528	798	2.300
Juni	15	2.762	900	2.882
Juli	16	4.029	1.208	1.537
Agustus	17	2.731	918	3.186
September	19	3.788	1.044	1.718
Oktober	17	3.076	759	1.597
November	17	2.946	828	3.146
Desember	16	2.419	944	3.103
Jumlah	198	35.653	12.260	28.743

Sumber: Dishub Provinsi Aceh (Agustus, 2016)

Tabel 9. Data Operasional Angkutan Penyeberangan Sinabang – Labuhan Haji Tahun 2015

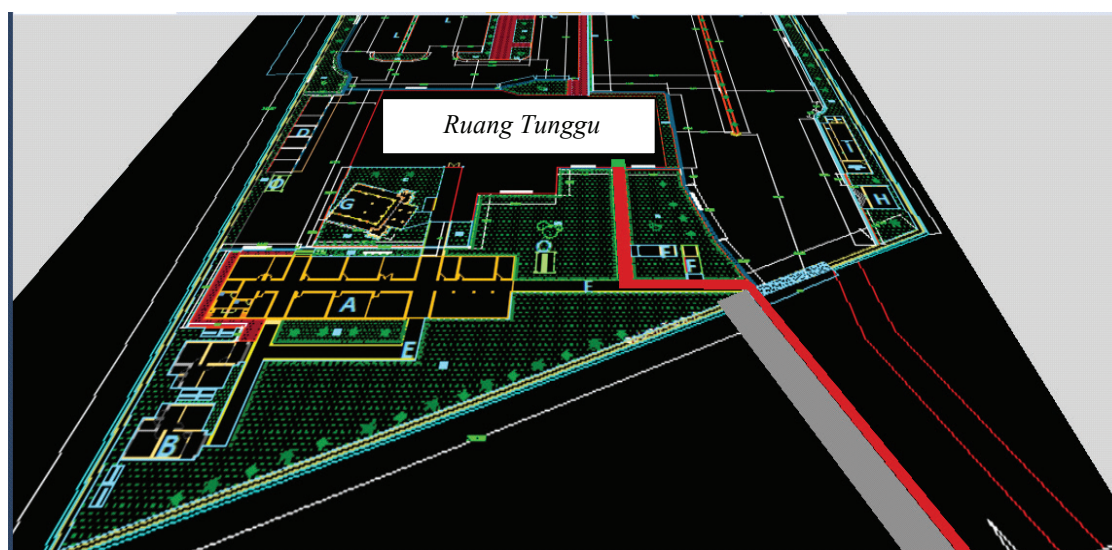
Bulan	Frek (trip)	Jumlah Penumpang (orang)	Jumlah Kendaraan (unit)	Jumlah Barang (Ton/m3)
Januari	17	5.579	1.430	973
Februari	15	3.569	984	1.091
Maret	18	3.479	1.085	1.339
April	-	-	-	-
Mei	14	2.631	752	1.859
Juni	14	2.473	764	1.581
Juli	15	3.875	1.454	2.092
Agustus	17	3.949	1.058	1.912
September	19	2.754	868	91
Oktober	18	2.864	848	3.640
November	17	3.043	765	1.093
Desember	18	3.021	860	953
Jumlah	182	37.237	10.868	16.624

Sumber: Dishub Provinsi Aceh (Agustus, 2016)

**Tabel 10. Operasional Angkutan Penyeberangan di Aceh
Tahun 2015**

No.	Lintasan	Kapal Ferry	Ukuran (GRT)	Kapasitas			Realisasi			Load Factor
				PNP (Orang)	Kend > R-4 (unit)	Frek (trip)	PNP (orang)	Kend (unit)	Barang (ton/m3)	PNP (orang)
1.	Labuan Haji – Sinabang	KMP. Teluk Sinabang	750	240	26	198	35.653	12.260	28.707	75,03
2.	Sinabang – Labuan Haji	KMP. Teluk Sinabang	750	240	26	182	37.237	10.868	16.624	85,25

Sumber : Dinas Perhubungan Komunikasi Informasi dan Telematika Aceh Tahun 2015



Gambar 3. Lay Out dan Base Model Pelabuhan Penyeberangan Meulaboh.

Penyeberangan Meulaboh beroperasi maka akan dialihkan rutenya menjadi Meulaboh-Sinabang. Data operasional angkutan penyeberangan di Aceh secara detail dapat dilihat pada tabel 10.

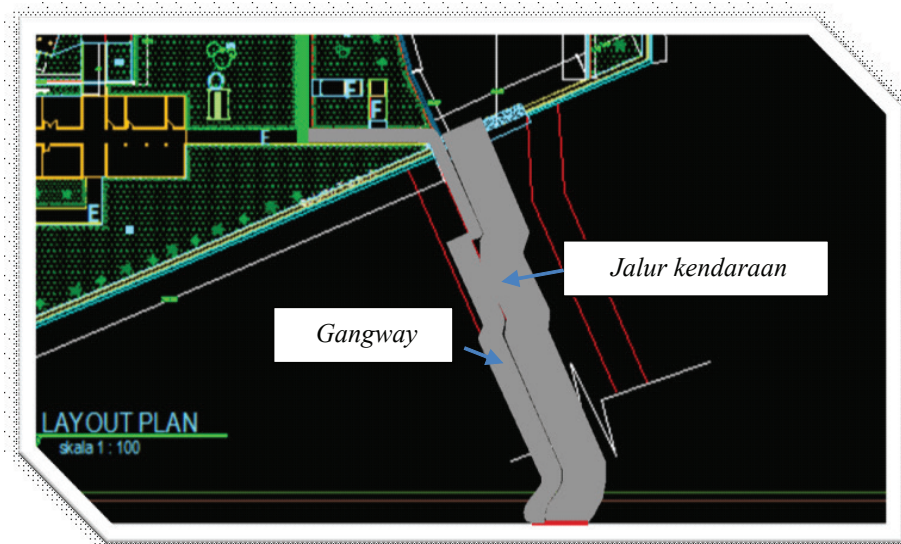
D. Analisis Pemodelan Pejalan Kaki di Pelabuhan Meulaboh

Menurut Keputusan Menteri Perhubungan Nomor. KM. 52 Tahun 2004 tentang Penyelenggaraan Pelabuhan Penyeberangan Pasal 23 ayat (2) butir a, fasilitas *gangway* merupakan salah satu fasilitas pokok pelabuhan yang harus disediakan dalam pelayanan jasa penyeberangan penumpang. Permodelan fasilitas *gangway* di Pelabuhan Meulaboh menggunakan *software* Viswalk. Salah satu *output* dari *software* Viswalk yaitu *base model* fasilitas *gangway* di Pelabuhan Meulaboh. *Base model* yang disusun dimulai dari fasilitas *gangway* yang telah terbangun dan dilanjutkan sampai dengan sisi dermaga. *Gangway* merupakan area pejalan kaki bagi penumpang kapal dari dan menuju ke kapal.

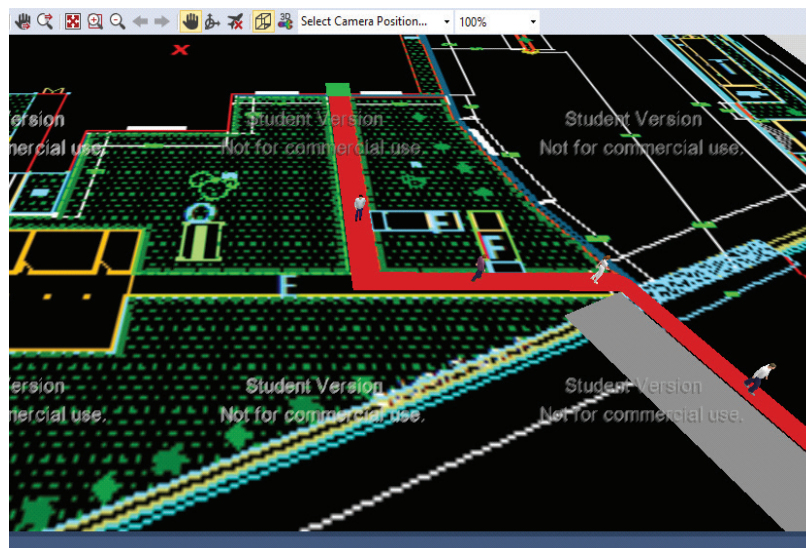
Data dan informasi yang perlu dilengkapi untuk melakukan simulasi *base model* yaitu:

1. *Pedestrian input*, yaitu volume penumpang dalam satu jam. Data ini diperoleh dari jumlah penumpang rata-rata satu kapal yang beroperasi dengan rute Labuan Haji – Sinabang.
2. *Pedestrian types*, yaitu mendefinisikan jenis pejalan kaki. Dalam hal ini pejalan kaki dibagi berdasarkan jenis kelamin, yaitu laki-laki dan wanita.
3. *Pedestrian Routes*, yaitu mendefinisikan rute berjalan dari ruang tunggu penumpang menuju ke kapal atau sebaliknya. Dalam kasus ini, penumpang tidak memiliki alternatif rute berjalan dari dan menuju ke kapal.
4. *Desired speed distribution*, merupakan data distribusi kecepatan.

Layout dan *base model* Pelabuhan Penyeberangan Meulaboh dapat dilihat pada gambar 3. Sedangkan *base model* fasilitas *gangway* di Pelabuhan Penyeberangan Meulaboh dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Base Model Fasilitas Gangway di Pelabuhan Penyeberangan Meulaboh.



Gambar 5. Simulasi Pergerakan Penumpang Pada Fasilitas Gangway Pelabuhan Penyeberangan Meulaboh.

Tabel 1. Hasil Simulasi Base Model

	<i>Time Interval</i>	<i>Density Average</i> [ped/m ²]	<i>Speed average</i> [km/h]	<i>Travel time</i> [s]
<i>Average</i>	0-600	0.07	2.26	955
<i>Minimum</i>	0-600	0.02	1.91	1142
<i>Maximum</i>	0-600	0.22	2.01	1074

Simulasi pergerakan penumpang pada fasilitas gangway Pelabuhan Penyeberangan Meulaboh dapat dilihat pada gambar 5. Sedangkan untuk hasil simulasi *base model* ditunjukkan pada tabel 11.

Jadwal keberangkatan dan kedatangan kapal yang memiliki jarak waktu relatif lama memberikan keuntungan dalam penataan penumpang embarkasi dan debarkasi. Siklus

penumpang embarkasi dan debarkasi tidak akan bersinggungan.

Dari hasil simulasi *base model* maka dapat dilihat bahwa *density average* tertinggi yaitu 0.22 ped/m². Jika mengacu pada standar LOS untuk *pedestrian* menurut Fruin, maka berada pada LOS A (< 0.308 ped/m²) yang artinya berdiri dan sirkulasi bebas melalui daerah antrian tanpa mengganggu orang lain dalam antrian,

dimana kecepatan tertinggi yaitu 2.01 km/jam. Sedangkan menurut PermenPUPR No.03/PRT/M/2014 Tentang Pedoman Perencanaan, Penyediaan, dan Pemanfaatan Prasarana dan Sarana Jaringan Pejalan Kaki di Kawasan Perkotaan, berada pada tingkat pelayanan B, volume/kapasitas *ratio* maksimum sebanyak 0.28. Hal ini berarti para pejalan kaki masih dapat berjalan dengan nyaman dan cepat tanpa mengganggu pejalan kaki lainnya, namun keberadaan pejalan kaki yang lainnya sudah mulai berpengaruh pada arus pejalan kaki.

Travel time rata-rata dari ruang tunggu menuju kapal yaitu sekitar 837 detik, dengan kecepatan rata-rata penumpang sebesar 2.26 km/jam. Jika melihat dari hasil simulasi, maka *base model* fasilitas pedestrian di Pelabuhan Meulaboh sudah dapat memberikan kenyamanan penumpang embarkasi dan debarkasi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi *base model gangway*, dengan lebar dan panjang sekitar 1,5 m dan 600 m, *density average* 0.22 ped/m² berada pada LOS A yang berarti pejalan kaki (penumpang) dapat berdiri dengan sirkulasi bebas. Sama halnya dengan PermenPUPR No.03/PRT/M/2014 tentang Pedoman Perencanaan, Penyediaan, dan Pemanfaatan Prasarana dan Sarana Jaringan Pejalan Kaki di Kawasan Perkotaan yang menyatakan bahwa tingkat pelayanan berada di *level* B yaitu *volume/kapasitas ratio* maksimum sebanyak 0.28. Hal ini berarti para pejalan kaki masih dapat berjalan dengan nyaman dan cepat tanpa mengganggu pejalan kaki lainnya, namun keberadaan pejalan kaki yang lainnya sudah mulai berpengaruh pada arus pejalan kaki. Dengan demikian, *base model* fasilitas *pedestrian* di Pelabuhan Penyeberangan Meulaboh dapat memberikan kenyamanan penumpang embarkasi dan debarkasi.

Untuk optimalisasi kenyamanan dan keamanan penumpang dalam proses embarkasi dan debarkasi, perlu juga diperhatikan kelengkapan *gangway* seperti kelengkapan informasi penunjuk arah, alat penerangan jalan, fasilitas untuk disabilitas dan fasilitas peneduh. Dikarenakan jadwal keberangkatan dan kedatangan kapal yang memiliki jarak waktu relatif lama, *design gangway* di Pelabuhan Penyeberangan Meulaboh tidak memerlukan fasilitas pembatas jalan untuk memisahkan arah pejalan kaki.

SARAN

Sehubungan dengan *design gangway* yang berdampingan dengan jalur bongkar dan muat kendaraan dari dan menuju kapal, maka perlu ada penataan atau pengaturan yang baik antara jadwal

embarkasi dan debarkasi penumpang dengan jadwal bongkar dan muat kendaraan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexandersson, Stina. Emmi Johansson. "Pedestrian in Microscopic Traffic Simulation Comparison Between Software Viswalk and Legion for Aimsun." Master Thesis, Departement of Civil and Environmental Engineering, Chalmers University of Technology, 2013.
- Boulmakoul, A and M. Mandar. "Fuzzy Ant Colony Paradigm For Virtual Pedestrian Simualtion." *The Open Operational Research Journal* Vol. 5 (2011): 19-29.
- Fruin, J.J.. *Pedestrian Planning and Design*. New York: Metropolitan Association of Urban Designer and Environtmental Planners, 1971.
- Hasan, M. Iqbal. *Pokok Pokok Materi: Teori Pengambilan Keputusan*. Jakarta: Ghalia Indonesia, 2002.
- Helbing, Dirk. "A Fluid Dynamic Model For The Movement Of Pedestrians." *Complex System* Vol. 6 (1992): 391-415.
- Indriastiwi, Fitri. Apri Y & Dienda RP. *Pemodelan Pergerakan Penumpang Di Terminal Penumpang Pelabuhan Tanjung Priok*. Laporan Penelitian. Badan Litbang Kementerian Perhubungan, 2015.
- Kementerian PUPR Republik Indonesia. *Peraturan Menteri PUPR No.03/PRT/M/2014 tentang Pedoman Perencanaan, Penyediaan, dan Pemanfaatan Prasarana dan Sarana Jaringan Pejalan Kaki di Kawasan Perkotaan*. Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 315.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. *Keputusan Menteri Perhubungan Nomor. KM. 52 Tahun 2004 tentang Penyelenggaraan Pelabuhan Penyeberangan*. Jakarta, 2004.
- Khoshnevis, Behrokh. *Discrete Systems Simulation*. New York: McGraww Hill, 1994.
- Robin, Thomas. Michele Bierlaire and Javier Cruz. "Dynamic Facial Expression Recognition With a Discrete Choice Model." *Journal of Chose Modelling* Vol. 4, Issue 2 (2011): 95 – 148.
- Sahaleh, Amir Sohrab Et All. *Scenario Analysis Of Pedestrian Flow In Public Spaces*. Ecole Polytechnique Federale De Lausanne, 2012.
- Schadschneider, Klingsch, Klupfel, Kretz, Rogsch, and Seyfried. *National Cooperative Highway Research Program Report 616; Multimodal Level of Service Analysis for Urban Streets*. NCHRP Report 616. Transportation Research Board, 2008.
- Schroeder, Roger G. *Operations Management*. New Jersey: McGrawHill, Inc, 1997.
- Siagian.P. *Penelitian Operasional : Teori dan Praktek*. Jakarta: Universitas Indonesia Press, 1987.
- S.P.Hoogendoorn, P.H.L.Bovy, W. Damen. *Microscopic Pedestrian Wayfinding And Dynamics Modeling* di dalam Schreckenberg, Michael., Some Deo Sharma, Editors. *Pedestrian And Evacuation Dynamics*. Springer (2001): 123-124.