



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR – ME184834

**ANALISIS EVAKUASI KAPAL PENUMPANG MENGGUNAKAN
*AGENT BASED MODELING SIMULATION***

Manas Zulfikar
NRP 0421134000063

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Eng. Muhammad Badrus Zaman, S.T., M.T.
Nurhadi Siswanto, S.T., M.T.

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020**



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - ME 184834

ANALISIS EVAKUASI KAPAL PENUMPANG MENGUNAKAN AGENT BASED MODELING SIMULATION

Manas Zulfikar
NRP 0421134000063

Dosen Pembimbing
Dr. Eng. Muhammad Badrus Zaman, S.T., M.T.
Nurhadi Siswanto, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN
ANALISIS EVAKUASI KAPAL PENUMPANG
DENGAN *AGENT BASED MODELING SIMULATION* BERDASARKAN
IMO.MSC 1533

TUGAS AKHIR
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Digital Marine Operation And Maintenance* (DMOM)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
Manas Zulfikar
NRP. 0421134000063

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

<u>Dr. Eng. M Badrus Zaman, S.T., M.T.</u> NIP. 197708022008011007	()
<u>Nurhadi Siswanto, S.T., M.T.</u> NIP. 1992201711049	()

Surabaya, 24 Juli 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS EVAKUASI KAPAL PENUMPANG
MENGUNAKAN AGENT BASED MODELING SIMULATION**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi *Digital Marine Operation and Maintenance (DMOM)*
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Penulis:

Manas Zulfikar

NRP. 0421134000063

Disetujui Oleh,

Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



Benny Cahyono, S.T., M.T., Ph.D

NIP. 197903192008011008

SURABAYA

AGUSTUS, 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Analisis Evakuasi Kapal Penumpang Menggunakan *Agent Based Modeling Simulation*

Nama Mahasiswa : Manas Zulfikar
NRP : 0421134000063
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan ITS
Dosen Pembimbing 1 : Dr. Eng. M Badrus Zaman, S.T., M.T.
Dosen Pembimbing 2 : Nurhadi Siswantoro, S.T., M.T.

Abstrak

Kecelakaan kapal yang terjadi di perairan Indonesia memiliki angka frekuensi yang tinggi. Bentuk kecelakaan kapal didominasi oleh kebakaran kapal berjenis Ro-ro atau kapal penumpang yang menyebabkan kerugian berupa material, pencemaran perairan, dan hilangnya nyawa manusia. Pada tugas akhir ini akan dilakukan analisis terhadap sistem evakuasi kapal Data awal yang diperlukan berupa, *general arrangement* kapal, kecepatan berjalan penumpang, serta komposisi dan persebaran penumpang. Distribusi penumpang kapal di Indonesia untuk kategori perempuan dengan umur lebih kecil dari 30 tahun sebanyak 12%, perempuan dengan rentang umur 30-50 tahun sebanyak 21%, perempuan dengan umur lebih besar dari 50 tahun sebanyak 5%, tidak ditemukan penumpang perempuan dengan kondisi cacat, sedangkan untuk kategori laki-laki dengan umur kurang dari 30 tahun sebanyak 19%, laki-laki dengan rentang umur 30-50 tahun sebanyak 31%, laki-laki dengan umur lebih dari 50 tahun sebanyak 12%, dan tidak ditemukan penumpang laki-laki dengan kondisi cacat. Jumlah penumpang kapal dikondisikan melebihi kapasitas penumpang yakni seharusnya 880 penumpang di kondisikan menjadi 1527 penumpang. Simulasi evakuasi penumpang kapal dengan *agent based modeling simulation* dijalankan berdasarkan standar IMO MSC.1/Circ. 1533 dengan menggunakan 4 kasus pada siang hari dan malam hari. Pada kasus malam normal membutuhkan waktu 38,24 menit untuk mengevakuasi seluruh penumpang, dan pada kasus malam evakuasi membutuhkan waktu 36,45 menit. Pada kasus siang normal membutuhkan waktu 29,49 menit dan pada kasus siang evakuasi membutuhkan waktu 28,12 menit.

Kata Kunci: Evakuasi Penumpang, ABMS, Kecepatan berjalan, distribusi penumpang.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Evacuation Analysis of Ship Passenger Using Agent Based Modeling Simulation

Name of Student : Manas Zulfikar
NRP : 0421134000063
Department : Marine Engineering
Supervisor 1 : Dr. Eng. M Badrus Zaman, S.T., M.T.
Supervisor 2 : Nurhadi Siswantoro, S.T., M.T.

Abstract

Ship accidents that occur in Indonesian waters have a high frequency. The form of ship accidents is dominated by fires of Ro-ro or passenger ships which cause material loss, water pollution and loss of human life. In this final project, an analysis of the ship evacuation system will be carried out. Initial data required are in the form of ship general arrangement, passenger walking speed, as well as the composition and distribution of passengers. The distribution of ship passengers in Indonesia for the category of women aged less than 30 years is 12%, women aged 30-50 years are 21%, women aged greater than 50 years are 5%, there are no female passengers with disabilities, while for the category of males aged less than 30 years as much as 19%, males with an age range of 30-50 years as much as 31%, males over 50 years old as much as 12%, and no male passengers were found. a man with a disability. The number of ship passengers is conditioned to exceed the passenger capacity, namely 880 passengers should be conditioned to become 1527 passengers. The evacuation simulation of ship passengers using an agent based modeling simulation is run based on the IMO MSC.1 / Circ. 1533 using 4 cases during the day and night. In the case of a normal night it takes 38.24 minutes to evacuate all passengers, and in the case of a night the evacuation takes 36.45 minutes. In the normal day case it took 29.49 minutes and in the afternoon case the evacuation took 28.12 minutes.

Keywords: Passenger Evacuation, ABMS, Walking speed, passenger distribution.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur terucap kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kekuatan dan kesempatan kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Analisis Evakuasi Kapal Penumpang Menggunakan *Agent Based Modeling Simulation*” dengan hasil yang optimal. Tugas akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat kelulusan program studi sarjana di Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis sadar bahwa hasil dari pengerjaan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan sehingga diperlukan kritik dan saran agar tugas akhir ini menjadi lebih bermanfaat.

Dalam proses pengerjaan tugas akhir ini serta proses dalam menempuh program studi sarjana tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan terimakasih kepada pihak-pihak di bawah ini,

1. Bapak Trimono (Alm) dan Ibu Tintin selaku orang tua penulis atas segala inspirasi dan kontribusi dikehidupan penulis sehingga penulis mencapai titik menyelesaikan jenjang sarjana. Terima kasi juga kepada Amna Tezulfa selaku adik penulis atas kerja kerasnya mendukung penulis
2. Lia Noor Rahmawati atas segala waktu dan ketulusannya menemani penulis dikala susah maupun senang, mendukung penuh segala usaha yang penulis lakukan
3. Bapak Dr. Eng. Badrus Zaman, S.T., M.T., selaku Dosen Wali sekaligus Dosen Pembimbing penulis, karena beliau penulis mampu melanjutkan perkuliahan yang sempat tertunda hingga selesai.
4. Bapak Nurhadi Siswanto, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing dua, yang sudah menjadi kakak di Surabaya dari mulai berorganisasi hingga menjadi Dosen di department. Selalu dengan sabar mengingatkan agar terus semangat di perkuliahan
5. Bapak Beny Cahyono, S.T.,M.T., Ph. D selaku Kepala Deapartmen Teknik Sistem Perkapalan
6. Seluruh dosen pengajar dan juga jajaran manajemen Departmen Teknik Sistem Perkapalan
7. Teman-teman Barakuda, mahasiswa siskal angkatan 2013, yang selalu ada di saat penulis membutuhkan bantuan
8. Miranto, Bahru, Bowo yang menemani penulis di akhir masa perkuliahan, terima kasih banyak atas segala bantuan ke penulis
9. Keluarga besar Paguyuban KSE ITS atas bantuan Beasiswa dan pelajaran agar menjadi mahasiswa yang luar biasa
10. Kepada Mas Rahmat, Zarfah, Mas Irfan dan teman-teman Kabinet di KSE 2015
11. Tim Kawal PKM 2015-2016 menjadi kawan candradimuka penulis mengembangkan diri
12. Kakak Kontrakan nginden, Mas Windy, Mas Rimby, Mas Dhany, Mas Sukma, Mas Anjar, Mas Elbas, Mas Riza yang selalu menjadi tempat berbagi
13. Kepada Dennis, Ghufro dan Janni menjadi tempat belajar berbisnis

14. Teman-teman relawan Faceshiled ITS yang telah menemani penulis saat PSBB Kota Surabaya, terutama Huda dan Budi yang menemani penulis di kontrakan.
15. Teman-teman Lab Digital Marine Operation and Maintaince yang selalu mengingatkan tentang perkuliahan
16. Rekan Siskal dari angkatan 2010 sampai angkatan 2016 yang membantu penulis. Terutama untuk Voyage16.
17. dan juga kepada saudara, teman-teman penulis yang tak bisa disebutkan satu persatu.

Surabaya, 24 Juli 2020

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan.....	3
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA.....	5
2.1 Data Utama Kapal.....	4
2.2 Prosedur Evakuasi Kapal.....	5
2.3 Standart IMO MSC 1533.....	5
2.4 Metode Evakuasi	6
2.5 Metode Perhitungan Durasi	7
2.6 Agent Based Modeling Simulation.....	9
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	11
3.1 Metodologi Penelitian.....	11
3.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah	12
3.3 Studi Literatur	12
3.4 Pengumpulan Data.....	12
3.5 Pembuatan Model Simulasi	16
3.6 Kesimpulan dan Saran	23
BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....	24
4.1 Umum	24
4.2 Komposisi Penumpang	24

4.3	Simulasi Evakuasi Penumpang.....	24
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....		36
5.1	Kesimpulan	36
5.2	Saran	36
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		
BIODATA PENULIS		

“Halaman ini sengaja dikosongkan

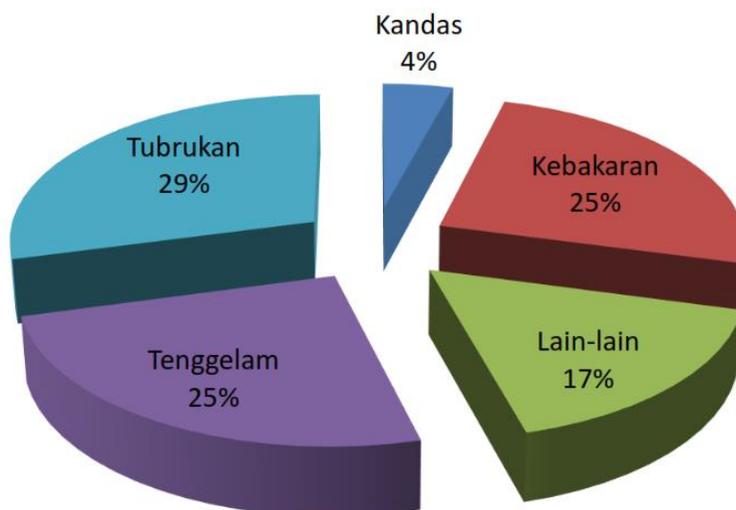
BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Menurut data Badan Pusat Statistika (BPS), dalam 4 tahun terakhir moda transportasi laut berupa kapal penumpang selalu mengalami peningkatan jumlah penumpang dari tahun ke tahun. Pada tahun 2017 jumlah penumpang kapal di pelabuhan tercatat 22.828.900 penumpang. Kemudian terjadi peningkatan pada tahun 2018 menjadi 25.696.900 penumpang. Namun peningkatan jumlah penumpang pada kapal, juga diikuti dengan terjadinya kecelakaan kapal di laut Indonesia.

Menurut data investigasi kecelakaan pelayaran tahun 2019 yang dikeluarkan oleh KNKT pada tanggal 19 Desember 2019, terdapat beberapa jenis kasus kecelakaan antara lain: kapal tubrukan (29%), kapal tenggelam (25%), kapal kebakaran (25%), kapal kandas (4%) dan juga penyebab lainnya (17%)



Gambar 1.1 Prosentase Kecelakaan Laut Tahun 2019
(Sumber: Media Release Capaian Kinerja KNKT 2019)

Banyaknya terjadi kecelakaan kapal di Indonesia dalam kurun waktu enam tahun terakhir (2010-2016) sebagaimana data kecelakaan transportasi Pelayaran yang dikeluarkan Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT), mencatat terjadi 54 kasus kecelakaan pelayaran dengan korban meninggal/menghilang sebanyak 337 korban dan korban luka-luka sebanyak 474 korban. Detail data kecelakaan tersebut dapat di lihat pada tabel dibawah.

Tabel 1.1 Data Kecelakaan Kapal Laut yang Diinvestigasi KNKT 2010-2016

NO.	TAHUN	JUMLAH KECELAKAAN	JENIS KECELAKAAN					KORBAN JIWA		REKOMENDASI
			TENGGELAM	TERBAKAR/ MELEDAK	TUBRUKAN	KANDAS	LAIN-LAIN	KORBAN MENINGGAL/ HILANG	KORBAN LUKA-LUKA	
1	2010	5	1	1	3	0	0	15	85	45
2	2011	6	1	3	2	0	0	86	346	82
3	2012	4	0	2	2	0	0	13	10	28
4	2013	6	2	2	2	0	0	65	9	47
5	2014	7	2	3	2	0	0	22	4	25
6	2015	11	3	4	3	1	0	85	2	11
7	2016	15	4	4	3	2	2	51	18	35
TOTAL		54	13	19	17	3	2	337	474	273

(Sumber:Database KNKT, 25 November 2016)

Berdasarkan fenomena kecelakaan kapal laut di atas, menarik untuk dilakukan penelitian lebih lanjut. Tingginya tingkat kecelakaan kapal penumpang di Indonesia menunjukkan pentingnya penerapan standard keselamatan pada kapal penumpang. Proses evakuasi pada kapal penumpang merupakan proses yang kompleks karena selain dibutuhkan standar penyelamatan yang tepat juga dibutuhkan penanganan evakuasi yang cepat. Proses ini bertujuan untuk menyelamatkan seluruh penumpang dari tempat yang mengandung bahaya menuju tempat yang aman. Evakuasi diharapkan dapat mengurangi atau menghilangkan jatuhnya korban jiwa. Variabel yang paling erat hubungannya dengan proses evakuasi adalah waktu, dimana semakin lama proses evakuasi maka peluang terjadinya korban semakin besar.

Proses evakuasi sangat erat kaitannya dengan karakteristik penumpang di kapal. Waktu evakuasi dipengaruhi oleh kecepatan berjalan penumpang pada saat proses evakuasi berlangsung. Masing-masing penumpang memiliki kecepatan yang berbeda sesuai dengan gender dan kelompok umur penumpang. Hal ini mengakibatkan tidak semua penumpang mampu berpindah sampai ke *assembly station* saat proses evakuasi, sehingga menimbulkan korban jiwa pada peristiwa kecelakaan kapal. Dalam studi evakuasi kapal penumpang, pemodelan evakuasi merujuk pada standard IMO *MSC.1238 Guidelines for evacuation analysis for new and existing passenger ships*. IMO MSC. 1533 sudah memberikan standard kecepatan berjalan atau *walking speed* penumpang yang bisa dijadikan asumsi dalam melakukan kajian proses evakuasi penumpang. Kecepatan berjalan penumpang merupakan data masukan yang diperlukan dalam perhitungan total waktu evakuasi. Oleh karena itu perlu dilakukan kajian mengenai waktu evakuasi penumpang dikapal agar semua penumpang dapat keluar dari kapal dengan selamat. Pemodelan evakuasi dalam penelitian ini merujuk pada *MSC.1533 Guidelines for evacuation analysis for new and existing passenger ships*, dimana pemodelan dilakukan dengan *advanced analysis* untuk *primary case day* dan *primary case night*. Pemodelan *advanced analysis* disimulasikan menggunakan metode *agent base model simulation (ABMS)*.

Agent-based modelling and simulation (ABMS) adalah pendekatan baru dalam pemodelan sistem yang kompleks dimana agen/individu berinteraksi secara *autonomous* (mengatur kepentingan sendiri). Agen memiliki perilaku yang sering digambarkan oleh aturan sederhana dan berinteraksi dengan agen lain dimana saling mempengaruhi perilaku satu sama lain. Dengan pemodelan agen secara individu, sifat keberagaman dan perilaku dalam sistem yang dimiliki oleh agen dapat diamati secara keseluruhan. Pola, struktur, dan perilaku yang muncul tidak secara eksplisit terprogram ke dalam model, tetapi muncul melalui interaksi agen. Penekanan pemodelan heterogenitas agen di seluruh populasi dan munculnya organisasi diri adalah dua fitur yang membedakan *agent-based model simulation* dibandingkan dengan teknik simulasi lainnya seperti *discrete event simulation* dan sistem dinamika (Macal, 2010). Individu dapat disimulasikan berdasarkan karakteristik masing-masing dengan metode *ABMS*, sehingga *ABMS* cocok digunakan dalam melakukan pemodelan evakuasi yang mewakili setiap karakteristik penumpang di kapal.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pemodelan evakuasi penumpang menggunakan agent base model simulation pada kondisi kapal penuh penumpang?
2. Bagaimana total waktu evakuasi pada kasus siang (day case) berdasarkan data IMO pada guidelines MSC.1533?
3. Bagaimana total waktu evakuasi pada kasus malam (night case) berdasarkan data IMO pada guidelines MSC.1533?

1.3. Tujuan

1. Mengetahui pemodelan evakuasi penumpang menggunakan agent base model simulation pada kondisi kapal penuh penumpang?
2. Mengetahui total waktu evakuasi pada kasus siang (day case) berdasarkan data IMO pada guidelines MSC.1533?
2. Mengetahui total waktu evakuasi pada kasus malam (night case) berdasarkan data IMO pada guidelines MSC.1533?

1.4. Batasan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini, pokok bahasan yang akan dianalisa akan di batasi pada permasalahan berikut:

1. Kapal yang di gunakan dalam simulasi adalah jenis kapal penumpang.
2. Skenario yang digunakan adalah kapal dalam kondisi normal dan evakuasi.
3. Skenario evakuasi yang digunakan adalah advanced analysis sesuai MSC. 1533

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Data Utama Kapal



Gambar 2.1. Kapal Penumpang Penelitian

Gambar di atas adalah Kapal Ro-Ro / Penumpang yang dibangun pada tahun 1993 (27 tahun yang lalu) dan berlayar di bawah bendera Indonesia. Kapal ini mampu membawa muatan sebesar 12418 Gross Tonnage dan draftnya saat ini dilaporkan 6,5 meter. Panjang keseluruhannya (LOA) adalah 186 meter dan lebarnya 27,51 meter.

Kapal ini termasuk kapal mewah yang memiliki panjang kapal sekitar 186 meter, kapasitas penumpang 900 orang, kapasitas kendaraan sebanyak 265 unit mobil dan truk. tergolong kapal mewah, fasilitas yang dimiliki kapal ini sangat lengkap dari kamar yang kelas ekonomi hingga VIP. Selain itu, di dalam kapal ada pula eskalator, lift, hiburan, tempat bermain anak, musala, restoran dan mini market.

- | | |
|-----------------------|-------------|
| 1. Panjang Seluruhnya | : 186.00 m |
| 2. Panjang Garis Air | : 74.25 m |
| 3. Lebar | : 25.5 m |
| 4. Dalam | : 17.91 m |
| 5. Sarat Maximum | : 6.60 m |
| 6. G T | : 27621 ton |
| 7. Kecepatan | : 16 knot |
| 8. Bendera | : Indonesia |

2.2. **Prosedur Evakuasi Kapal Penumpang**

Prosedur evakuasi kapal penumpang merupakan tata cara yang harus dipatuhi dalam mengarahkan penumpang kapal menuju ke lokasi evakuasi (*assembly station*) dari tempat kejadian bencana seperti kebakaran. Selain peralatan keselamatan seperti, alarm, dan peralatan pemadam, aplikasi prosedur evakuasi yang tepat guna melakukan pengarahan penumpang menuju lokasi evakuasi menjadi bagian penting apabila suatu kapal mengalami kebakaran. Tahapan evakuasi pertama yang harus dilakukan adalah dengan mengarahkan penumpang menuju lokasi evakuasi sebelum peralatan keselamatan dilepaskan (*life boat, life raft*) untuk meninggalkan kapal yang terbakar. Dalam hal ini rute evakuasi memiliki peran yang utama dalam menentukan keselamatan korban dengan mempertimbangkan jumlah penumpang dan ABK. Dalam evakuasi kapal penumpang memiliki risiko yang berbeda-beda tergantung dari jumlah penumpang dan tingkat kepanikan pada saat kebakaran terjadi. Dalam penentuan kriteria prosedur evakuasi terdapat beberapa syarat yang harus dipenuhi antara lain :

1. Mudah diatur dengan definisi kelompok evakuasi yang jelas dan jadwal perjalanan.
2. Menghitung dengan waktu realibilitas yang memadai dari waktu tiba hingga tempat berkumpul awak kapal.
3. Menghitung dan meminimalkan waktu evakuasi kapal hingga awak kapal terakhir keluar dari kapal yang terbakar.

Terdapat prinsip dasar dalam melakukan prosedur evakuasi kapal penumpang yang harus dipenuhi antara lain :

- Kebijakan prosedur evakuasi.
- Koordinasi pergerakan dalam proses evakuasi.
- Komunikasi dalam pelaksanaan proses evakuasi.
- Program pelatihan.
- Inspeksi dan evaluasi.

2.3. **Standar IMO MSC.1/Circ 1533**

IMO MSC.1/Circ. 1533 adalah suatu pedoman yang digunakan untuk analisis evakuasi kapal penumpang. Pedoman ini akan memberikan informasi berupa asumsi awal yang akan digunakan dalam melakukan analisis terhadap waktu evakuasi kapal penumpang pada saat mengalami kecelakaan berdasarkan kejadian sebenarnya. Hasil dari asumsi ini diharapkan dapat mendekati keadaan yang sebenarnya.

Berikut ini istilah-istilah yang dipakai pada saat evakuasi menurut *International Maritime Organization* (IMO) :

1. *Persons load* adalah jumlah orang yang diasumsikan dalam proses evakuasi.
2. *Respons duration* (R) adalah durasi yang diperlukan bagi orang-orang untuk bereaksi. Durasi ini dimulai saat alarm dinyalakan dan berakhir ketika penumpang sadar bahwa ada kecelakaan dan mulai menuju *assembly station*.

3. *Individual travel duration* adalah durasi yang diperlukan oleh satu orang untuk menuju *assembly station*.
4. *Individual assembly duration* adalah jumlah dari respon dan durasi perjalanan individu.
5. *Total assembly duration* (t_A) adalah durasi maksimal setiap individu
6. *Total travel duration* (T) adalah jumlah durasi seluruh penumpang menuju *assembly station*.
7. *Embarkation and launching duration* ($E+L$) adalah durasi yang diperlukan untuk mengantisipasi waktu tambahan mul'ai dari alarm dibunyikan sampai seluruh penumpang menggunakan *life jackets*.

2.4. Metode Evaluasi

Tahapan dalam analisis evakuasi dapat ditentukan sebagai berikut :

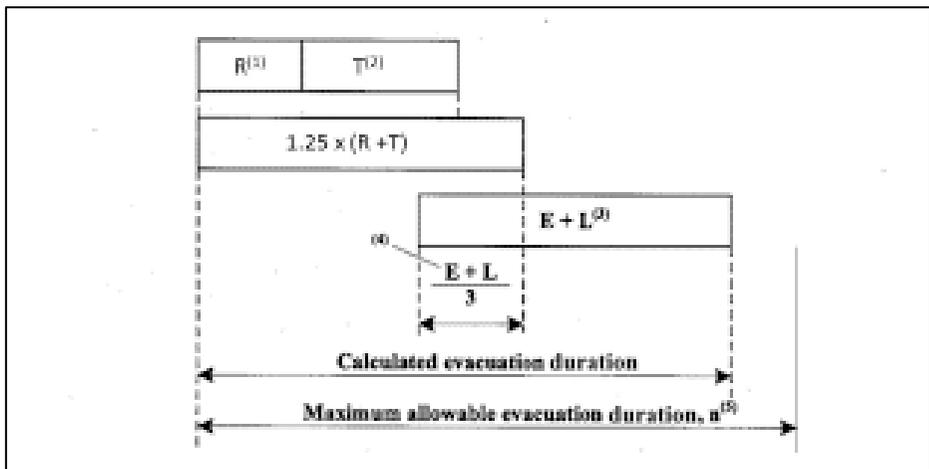
1. Identifikasi penumpang, awak kapal dan tempat evakuasi.
2. Identifikasi rute evakuasi.

Asumsi umum untuk diaplikasikan kedalam metode perkiraan waktu evakuasi berdasarkan pada beberapa skenario yang ideal dan asumsi-asumsi sebagai berikut,

1. Penumpang dan awak kapal akan dievakuasi melalui rute evakuasi utama menuju *assembly station*. Sebagaimana yang dimaksud dalam SOLAS II-2/13.
2. Jumlah maksimum penumpang dan distribusi awal berdasarkan bab 13 *FSS Code*.
3. Ketersediaan dari perencanaan evakuasi sepenuhnya dipertimbangkan, kecuali diberikan pertimbangan lain.
4. ABK akan segera berada di lokasi untuk mengevakuasi penumpang.
5. Perilaku kelompok keluarga tidak dipertimbangkan.
6. Gerakan kapal, tumit dan kapal tidak dipertimbangkan.

Performance Standards

Gambar berikut mengilustrasikan perhitungan *performance standard* sebagai berikut :



Gambar 2.2. *Performance Standards*

Sumber : (IMO's Interim Guidelines MSC.1/Circ. 1533, 2016)

Gambar di atas menjelaskan terkait perhitungan standar evakuasi dengan keterangan sebagai berikut :

- (1) Sesuai dengan detail spesifikasi dari metode analisis.
- (2) Dihitung sesuai dengan lampiran pada IMO MSC.1/Circ. 1533
- (3) Maksimum 30 menit sesuai dengan peraturan SOLAS III/ 21.1.3.
- (4) Waktu jeda = $1/3 (E+L)$.
- (5) Nilai-nilai n minimal yang disediakan sesuai dengan *performance standard*.

Perhitungan total durasi untuk evakuasi adalah sebagai berikut :

$$1.25 (R + T) + \frac{2}{3} (E + L) \leq n \quad (2.5)$$

$$(E + L) \leq 30 \text{ min} \quad (2.6)$$

Performance standard (1) diaplikasikan untuk :

1. Kapal penumpang ro-ro dengan nilai $n = 60$.
2. Untuk kapal penumpang selain kapal penumpang Ro-ro :
 - nilai $n = 60$ apabila kapal tidak memiliki lebih dari tiga zona vertikal utama.
 - nilai $n = 80$ apabila kapal memiliki lebih dari tiga zona vertikal utama.

Performance standard (2) sesuai dengan peraturan SOLAS III/21.1.3. $E + L$ harus dihitung terpisah berdasarkan :

1. hasil uji coba skala penuh pada kapal dan sistem evakuasi yang serupa.
2. Hasil dari simulasi berdasarkan analisis embarkasi.
3. Data disediakan oleh pembuat. Namun, dalam kasus ini metode perhitungan harus didokumentasikan, termasuk nilai faktor koreksi yang digunakan.

Durasi embarkasi dan peluncuran ($E+L$) harus didokumentasikan dengan jelas agar tersedia jika terjadi perubahan LSA. Untuk kasus-kasus dimana tak satupun dari ketiga metode di atas dapat digunakan, nilai dari ($E+L$) harus diasumsikan sama dengan 30 menit.

2.5. Metode Perhitungan Durasi Perjalanan Menggunakan Simulasi

Pada perhitungan durasi perjalanan menggunakan simulasi terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan seperti, karakteristik setiap model, parameter yang akan digunakan dalam simulasi, dan detail dari pembuatan skenario. Waktu pada saat kejadian juga berpengaruh terhadap hasil simulasi, seperti waktu siang dan malam. Pada simulasi ini data yang diperlukan dalam proses simulasi berupa data komposisi dan persebaran penumpang, serta kecepatan berjalan pada berbagai kondisi. Dalam perhitungan durasi evakuasi terdapat beberapa parameter yang harus dipenuhi antara lain,

1. Durasi respon agen terhadap suatu kejadian (R) yang akan digunakan dalam perhitungan.
2. Metode untuk menentukan durasi perjalanan (T).
3. Durasi embarkasi dan launching ($E+L$).

2.5.1. *Response duration*

Distribusi *response duration* untuk skenario yang digunakan harus diterapkan menggunakan distribusi uniform. Berikut ini persamaan yang diberikan dalam perhitungan *response duration* :

Untuk kasus malam hari,

$$y = \frac{1.01875}{\sqrt{2\pi 0.84(x-400)}} \exp \left[-\frac{(\ln(x-400)-3.95)^2}{2x0.84^2} \right] \quad (2.7)$$

Dengan nilai x , $400 < x < 700$

Untuk kasus siang hari,

$$y = \frac{1.00808}{\sqrt{2\pi 0.94x}} \exp \left[-\frac{(\ln(x)-3.44)^2}{2x0.94^2} \right] \quad (2.8)$$

Dengan nilai x , $0 < x < 300$

Dimana nilai x adalah *response duration* dengan satuan detik dan y adalah peluang kerapatan pada *response duration* x .

2.5.2. **Kecepatan berjalan penumpang dan Distribusi Penumpang**

Kecepatan berjalan maksimal pada kasus ini yang digunakan adalah data kecepatan dari literatur yang pernah dilakukan oleh Nurhadi pada tahun 2015 di Selat Madura. Metode yang digunakan untuk pengambilan sampel secara langsung dengan mempertimbangkan jenis kelamin dan rentang usia dari sampel. Hasil observasi walking speed tersebut menghasilkan bahwa distribusi komposisi penumpang kapal di Indonesia berbeda dengan distribusi penumpang yang ditetapkan oleh IMO. Distribusi penumpang kapal di Indonesia untuk kategori perempuan dengan umur lebih kecil dari 30 tahun sebanyak 12%, perempuan dengan rentang umur 30-50 tahun sebanyak 21%, perempuan dengan umur lebih besar dari 50 tahun sebanyak 5%, tidak ditemukan penumpang perempuan dengan kondisi cacat, sedangkan untuk kategori laki-laki dengan umur kurang dari 30 tahun sebanyak 19%, laki-laki dengan rentang umur 30-50 tahun sebanyak 31%, laki-laki dengan umur lebih dari 50 tahun sebanyak 12%, dan tidak ditemukan penumpang laki-laki dengan kondisi cacat. Observasi ini juga menunjukkan bahwa kecepatan berjalan orang Indonesia berbeda dengan kecepatan berjalan berdasarkan data IMO / MSC. 1533 dan observasi di area tangga menghasilkan flow rate rata-rata sebesar 0,47 p/(ms). Simulasi pada penelitian ini menunjukkan bahwa total waktu evakuasi pada data penelitian ini lebih singkat dari pada menggunakan data IMO / MSC. 1238. Hal ini dipengaruhi oleh faktor perbedaan distribusi penumpang, flow rate, dan kecepatan berjalan penumpang. Perbedaan total waktu evakuasi antara data IMO dan penelitian ini yang tidak terlalu signifikan menunjukkan bahwa data-data IMO relevan bila diaplikasikan dengan kasus evakuasi penumpang kapal di Indonesia.

Tabel 2.1 Kecepatan Jalan Penelitian

Kelompok populasi penumpang	kecepatan berjalan	
	minimum (m/s)	Maksimum (m/s)
Wanita lebih muda dari 30 tahun	0.74	1.7
Wanita 30-50 tahun	0.82	1.33
Wanita lebih tua dari 50 tahun	0.74	1.14
Pria lebih muda dari 30 tahun	1.04	1.92
Pria 30-50 tahun	0.86	1.50
Pria lebih tua dari 50 tahun	0.76	1.48
Crew Pria	0.80	1.92

Sumber: Nurhadi (2015)

2.6. *Agent Based Modeling and Simulation*

Simulasi merupakan metode penggambaran suatu model yang menyesuaikan dengan objek dan kejadian sebenarnya. Penerapan simulasi pada umumnya dengan menggunakan bantuan *software* yang bertujuan untuk mendapatkan hasil yang seminimal mungkin memiliki sedikit perbedaan antara model dengan sistem yang sebenarnya. Hasil simulasi ditampilkan dalam bentuk perilaku dan karakteristik model yang menanggapi suatu kejadian akibat pengaruh dari internal maupun eksternal. Hasil dari tahapan simulasi akan dijadikan sebagai dasar dalam penerapannya ke objek sebenarnya untuk menurunkan risiko dari kejadian dan mengurangi dampak dari kejadian tersebut.

Agent Based Modeling and Simulation (ABMS) adalah pembuatan model dengan menyimulasikan tindakan dan interaksi suatu model. Metode ini bertujuan untuk mengetahui reaksi dari model jika dikenai suatu kasus kompleks berdasarkan keadaan sebenarnya. Berikut merupakan kelebihan dari penggunaan ABMS antara lain :

1. Dapat menggambarkan kondisi model seperti kondisi sebenarnya. Seperti, tangga, jendela, dan seluruh ruangan di kapal.
2. Dapat menyimulasikan posisi persebaran api pada saat kejadian kebakaran dan dapat juga membuat pencegahan kebakaran.
3. Dapat menyimulasikan skenario keselamatan, seperti rute evakuasi penumpang menuju master point.

Agent Based Modeling Simulation memodelkan suatu ruangan yang memiliki akses keluar dan masuk, seperti kamar tidur, kamar mandi, dan ruang makan. Kondisi tersebut memungkinkan untuk melakukan pemodelan terhadap manusia dan api dalam setiap ruangan. Suatu model dalam metode ini disebut sebagai agen. Setiap agen akan menggambarkan kondisi seseorang beserta lingkungannya. Agen yang berinteraksi satu sama lain dan saling memengaruhi akibat kejadian kebakaran akan digambarkan oleh metode ABMS. Dalam keadaan darurat seperti kebakaran akan memberikan pengaruh terhadap reaksi agen karena munculnya asap yang dapat menghambat pergerakan agen pada saat proses evakuasi dijalankan. Oleh karena itu ABMS sangat penting diterapkan pada kondisi tersebut untuk melancarkan proses evakuasi dan dapat mengurangi

peluang korban jiwa muncul. Simulasi menggunakan ABMS memiliki beberapa skenario penting antara lain :

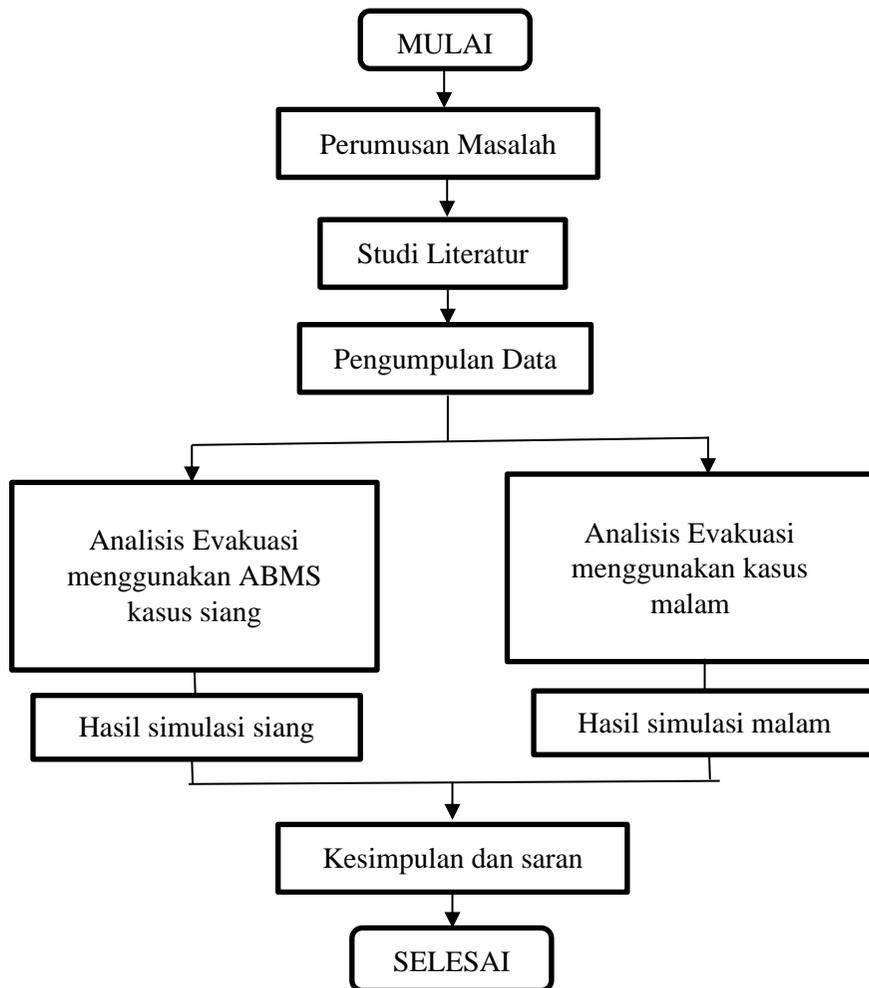
1. Representasi yang kurang dari agen terhadap alam.
2. Hasil dari suatu simulasi dapat dijadikan input ketika terjadi perubahan proses struktural.
3. Tingkat acak agen yang meningkat.
4. Terdapat kejadian yang tidak dapat diprediksi.
5. Terdapat komponen yang memengaruhi perilaku agen.
6. Saat agen-agen berkumpul menjadi suatu organisasi.
7. Agen memiliki perilaku tertentu.
8. Hubungan antar agen bersifat dinamis.
9. Agen dapat belajar, beradaptasi, dan dapat merubah perilaku masing-masing.

Keuntungan menggunakan ABMS adalah proses simulasinya yang fleksibel, menggambarkan kondisi sebenarnya, dan memberikan jawaban dalam pelaksanaan proses evakuasi penumpang yang optimal sehingga menurunkan angka korban yang berjatuh. Oleh karena itu ABMS dapat menawarkan solusi dengan mengetahui kondisi sebelum dan setelah kejadian sehingga dapat dijadikan rekomendasi untuk kejadian serupa lainnya dalam proses evakuasi.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Metodologi Penelitian

Metodologi Penelitian merupakan kerangka dasar suatu penelitian yang meliputi semua kegiatan untuk memecahkan suatu permasalahan dengan tahapan-tahapan yang sudah disusun, seperti perumusan masalah, metode, validasi, dan hasil. Dari hasil dalam suatu penelitian diharapkan dapat memberikan solusi yang konkret. Dalam tugas akhir ini disusun diagram alir metodologi penelitian seperti yang terlihat pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1 Diagram Alir proses pengerjaan penelitian

Uraian skema dari metodologi di atas adalah sebagai berikut:

3.2. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Tahapan yang pertama adalah mengidentifikasi dan merumuskan permasalahan yang ada. Langkah pertama yang diambil dalam tugas akhir ini adalah melakukan pengolahan data dalam bentuk evaluasi untuk menerima informasi-informasi yang dibutuhkan dalam proses analisis data. Pada Penelitian ini, permasalahan yang diambil yaitu melakukan studi observasi dan pemodelan simulasi evakuasi, sehingga akan didapatkan pemodelan evakuasi yang komprehensif untuk kasus kecelakaan kapal di Indonesia. Pemodelan data menggunakan walking speed yang mengacu pada *guidelines* IMO MSC. Circ 1533.

3.3. Studi Literatur

Studi literatur merupakan tahapan selanjutnya untuk mendapatkan informasi yang mendukung dalam penyelesaian tugas akhir ini. informasi tersebut berupa teori, metode pengerjaan, regulasi, dan standar. Studi literatur dapat diperoleh dengan membaca buku, jurnal, *paper*, regulasi dan standar terkait bahasan pada tugas akhir ini.

3.4. Pengumpulan Data

Beberapa data yang diperlukan untuk melakukan penelitian ini salah satunya adalah Gambar Rencana Umum serta Gambar Rencana Keselamatan dan Kebakaran pada kapal. Data kecepatan orang berjalan dan komposisi penumpang dan crew merujuk pada penelitian sebelumnya yang sudah dijelaskan di BAB 2

3.4.1 Pengolahan data

General Arrangement (GA) merupakan gambar tampak atas, samping dan depan sebuah kapal yang menunjukkan pembagian setiap ruangan sesuai dengan fungsinya. Seperti, ruang kamar mesin, ruang akomodasi, dan ruang muatan. Pada tahap pengolahan data, akan dicari informasi dari GA kapal berupa, desain ruang kamar penumpang, penempatan peralatan evakuasi dan desain. Dari data tersebut akan dijadikan data untuk tahap selanjutnya yakni analisis data.

Pada tahap pengolahan data ini akan didesain ulang *general arrangement* dari kapal dalam bentuk 2D dan 3D. Tujuan dari tahap desain ulang adalah untuk membantu proses pengerjaan tugas akhir pada tahap simulasi.

Dari data *walking speed* yang terdapat di *IMO MSC.Circ 1533* maka dapat dilakukan pemodelan evakuasi. Dalam memodelkan evakuasi menggunakan *advanced analysis* digunakan *software Pathfinder 2019* yang berbasis pada *Agent Base Model Simulation*. Pemodelan dengan *agent base model simulation* dapat memodelkan seperti kondisi sebenarnya, dimana setiap agent (penumpang) memiliki kemampuan/behavior untuk mengambil keputusan ketika berinteraksi dengan penumpang lain maupun dengan lingkungannya.

Skenario yang dilakukan dalam penelitian ini adalah *primary evacuation case night* dan *primary evacuation case day*. Kemudian melakukan perhitungan evakuasi dengan cara Mendistribusikan Populasi Penumpang dan ABK sesuai dengan kategori populasi pada *guidelines MSC.1533*. Kemudian melakukan simulasi Advance Analysis menggunakan Pathfinder.

3.4.2 Pemodelan Evakuasi

Dari data *walking speed* yang terdapat di *IMO MSC.Circ 1533* maka dapat dilakukan pemodelan evakuasi. Dalam memodelkan evakuasi menggunakan *advanced analysis* digunakan *software Pathfinder 2020* yang berbasis pada *Agent Base Model Simulation*. Pemodelan dengan *agent base model simulation* dapat memodelkan seperti kondisi sebenarnya, dimana setiap agent (penumpang) memiliki kemampuan/behavior untuk mengambil keputusan ketika berinteraksi dengan penumpang lain maupun dengan lingkungannya. Ada dua jenis *goal* dalam simulasi menggunakan *software pathfinder*, yaitu: *idle goal* dan *seek goal*. Perilaku *Idle goal* dimiliki oleh penumpang pada saat menunggu terjadinya suatu peristiwa. Contoh *idle goal* adalah pada saat penumpang menunggu response time yang diberikan selama rentan waktu tertentu. Sedangkan perilaku *seek goal* dimiliki oleh penumpang pada saat agent berpindah dari satu lokasi ke lokasi yang lain, seperti: *waypoint*, ruangan, pintu keluar. Pergerakan selama *seek goal* adalah sebagai berikut:

- Jika tujuan *seek goal* adalah *waypoint*, penumpang akan mencoba bertahan pada radius *waypoint* tersebut.
- Jika tujuan *seek goal* adalah ruangan, penumpang akan mencoba bertahan di ruangan, menjauh dari pintu yang memungkinkan penumpang lain untuk masuk.
- Jika tidak ada tujuan awal, maka penumpang akan bergerak kemanapun sepanjang mesh yang didesain.

Perilaku agent/penumpang pada saat simulasi adalah sebagai berikut:

- **Pemilihan Pintu**

Penumpang memilih pintu keluar dengan kriteria preferensi sebagai berikut:

1. *Current room travel time*, waktu yang dipilih penumpang untuk mencapai target pada kecepatan maksimum, mengabaikan semua penumpang lainnya.
2. *Current room queue time*, jika target adalah pintu, ini adalah perkiraan waktu penumpang untuk menunggu dalam antrian di pintu berdasarkan posisi penumpang di antrian dan *flow rate* pintu. Jika target tidak pintu, waktu antrian adalah 0.
3. *Global travel time*, waktu penumpang untuk perjalanan dari target saat ini mencari tujuan setelahnya di kecepatan maksimum penumpang, mengabaikan semua penumpang lainnya.
4. *Distance travelled in room*, jarak penumpang untuk berpindah pada ruangan tertentu.

- **Backtrack prevention**

Penumpang hanya menyadari ukuran antrian dan debit pintu di ruangan mereka saat ini. Ketika penumpang memasuki ruang baru, pengetahuan tentang ruang terakhir diganti dengan pengetahuan tentang ruang saat ini. Antrian besar dapat menyebabkan penumpang berjalan kembali dan balik antara dua ruangan. Tanpa pencegahan berbalik arah, hal ini akan berpotensi menimbulkan periode waktu lama (sampai ruang sebelumnya dikosongkan). Dalam Pathfinder, penumpang bisa berhasil keluar ruangan menggunakan pintu keluar tertentu, penumpang memiliki inisiatif untuk routing yang keputusan menggunakan aturan berikut:

1. Pintu lokal berikutnya yang ditunjuk oleh penumpang mungkin tidak mengarah kembali ke ruangan sebelumnya. Jika aturan ini menghilangkan semua pilihan (misalnya: penumpang pergi melalui pintu yang tidak terencana), maka
2. Pencegahan memilih jalur berbalik arah dinonaktifkan, penumpang dapat memilih dari salah satu lokal pintu.

- **Menghindari Dinding**

Penumpang memiliki perilaku menghindari, mendeteksi dinding dan mengarahkan dirinya untuk menghindari tabrakan dengan dinding. Vektor perpindahan antara penumpang dan dinding didasarkan pada jarak penumpang dapat berjalan dengan nyaman.

- **Menghindari Tabrakan Antar Penumpang**

Perilaku penumpang menghindari tabrakan dengan penumpang lainnya. Perilaku tabrakan ini dikendalikan oleh kecepatan penumpang pada saat berjalan.

- **Menyelesaikan konflik untuk berpindah akibat geometri**

Ada beberapa skenario di mana gerakan sebuah penumpang bertentangan dengan gerakan lain penumpang karena keterbatasan geometri. Dalam situasi ini penumpang harus bernegosiasi cara mengatasi konflik ini sehingga mereka dapat terus bergerak. Pathfinder memberi penanganan khusus untuk menyelesaikan konflik gerakan ini dan mencegah penumpang mengalami terjebak/tidak bisa keluar ruangan. Berikut adalah cara penyelesaian jika terdapat skenario seperti itu:

1. Penumpang memiliki kemampuan menentukan arah vektor terendah, yaitu diam atau bergerak berlawanan dengan arah yang diinginkan dengan penumpang lain.
2. Penghuni ini melakukan "free pass". Jika penghuni memperoleh free pass, mereka melanjutkan langkah berikutnya.
3. Penumpang menghitung ulang dengan prioritas lokal meningkat. Prioritas lokal meningkat adalah salah satu yang membuat penumpang tampaknya memiliki prioritas yang lebih tinggi

4. Penumpang mempertahankan mengangkat prioritas dan memasuki keadaan di mana mereka dapat melewati penumpang lain segera dengan cara mereka.

Dalam melakukan evakuasi lanjut (*advanced analysis*) hal-hal yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

a. Mendiskripsikan Sistem

1. Mengidentifikasi *assembly stations*
2. Mengidentifikasi *escape routes*

b. Asumsi-Asumsi

Metode evakuasi *advanced analysis* memperkirakan waktu evakuasi, oleh karena itu asumsi analisis evakuasi harus dibuat sebagai berikut:

1. Para penumpang dan awak direpresentasikan sebagai individu yang unik, ditentukan oleh kemampuan dan waktu respon individu
2. Penumpang dan awak akan mengevakuasi melalui jalan keluar utama, sebagaimana dimaksud dalam SOLAS peraturan II-13/2;
3. Beban penumpang dan distribusi awal diasumsikan sesuai dengan pasal 13 dari Kode FSS;
4. Ketersediaan rute melarikan diri, kecuali dinyatakan lain;
5. Faktor keselamatan dapat bernilai 1,25 digunakan dalam perhitungan untuk memperhitungkan kelalaian model, asumsi, dan terbatasnya jumlah dan sifat scenario, seperti:
 - a. Awak akan segera berada di pos untuk bertugas mengevakuasi dan siap membantu penumpang;
 - b. Penumpang mengikuti sistem dan petunjuk crew (yaitu: pemilihan rute yang tidak diprediksi oleh analisis);
 - c. Asap, panas, dan produk api beracun pada limbah api tidak dianggap untuk mempengaruhi kinerja penumpang/awak;
 - d. Gerakan kapal, heel, dan trim tidak dianggap.

c. Pertimbangan Skenario

Skenario yang dilakukan dalam penelitian ini adalah *primary evacuation case night* dan *primary evacuation case day*

d. Simulasi Evakuasi Penumpang

Tahapan simulasi evakuasi penumpang akan dilakukan sesuai dengan kondisi sebenarnya yakni disesuaikan dengan *guideline's* IMO MSC.1/Circ. 1533 dengan model yang sudah disesuaikan dengan. Dimana simulasi akan dilakukan berdasarkan empat kasus berdasarkan kondisi siang dan malam. Simulasi ini akan diterapkan kedalam kondisi dimana jumlah penumpang melebihi kapasitas muatan yakni dengan jumlah penumpang pada kondisi malam sejumlah 1527 penumpang dan pada kondisi siang sejumlah 1527 penumpang dengan komposisi dan persebaran penumpang yang sudah ditentukan sebelumnya

Tahapan simulasi menggunakan *software pathfinder* dengan *agent based modeling simulation* dimana agen merupakan variabel bebas dengan kecepatan berjalan yang bersifat *uniform kontinu*. Agen berperilaku sesuai dengan kondisi dan tidak dapat dikontrol untuk responnya terhadap suatu rangsangan. Pada *software* ini akan ditentukan rentang nilai dari kecepatan berjalan penumpang berdasarkan jenis kelamin dan rentang usia dengan nilai *initial delay* yang ditentukan berdasarkan kondisi siang dan malam. Tujuan akhir dari tahapan simulasi evakuasi penumpang kapal adalah mengetahui berapa nilai durasi perjalanan suatu agen menuju ke *assembly station*. Oleh karena itu, akan ditentukan letak *assembly station* dari model yang disesuaikan dengan letak sebenarnya.

Kasus yang digunakan pada tahap simulasi evakuasi penumpang kapal selain mengacu kepada *guideline's IMO MSC.1/Circ. 1533* juga mengacu kepada hasil dari simulasi kebakaran dimana daerah yang mengalami kejadian kebakaran akan dihindari oleh agen pada proses perjalanan menuju *assembly station*.

3.5. Pembuatan Model Simulasi Evakuasi Penumpang

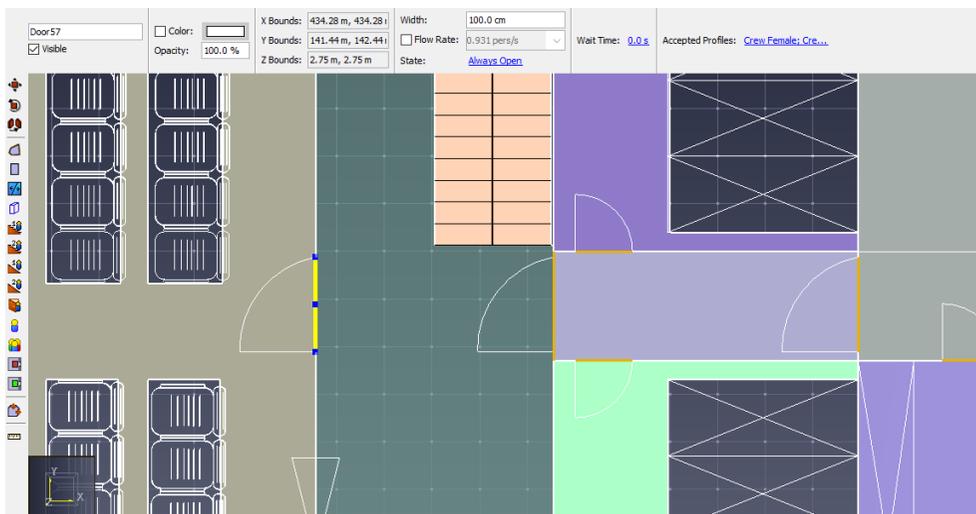
3.5.1 Penggambaran Raung, pintu dan tangga

Tahapan pertama pada simulasi evakuasi penumpang adalah pembuatan model simulasi yang menggambarkan objek sebenarnya. Pembuatan model simulasi berdasarkan *general arrangement* kapal Ro-ro 1309 DWT. Pada pembuatan model terdapat beberapa tahapan yang harus dipenuhi sehingga dapat menggambarkan kondisi objek sebenarnya. Mulai dari penggambaran ruangan, penggambaran dinding, penggambaran *assembly station*, serta penggambaran akses berupa pintu dan tangga. Pada tahapan ini *software* yang digunakan adalah *pathfinder* yang dapat membantu dalam proses penggambaran model. *Software* ini memiliki beberapa *tools* yang menunjang penggambaran movement space seperti, *floors*, *rooms*, *obstruction/holes*, *doors*, dan *stairs*. **Pada Gambar 4.38.** merupakan hasil dan tampilan *window* penggambaran ruangan yang dapat ditentukan nilai dari geometri dan kapasitas *occupants* yang dapat ditampung masing-masing ruangan yang disesuaikan dengan kapal.



Gambar 4.1. Tampilan *window* dan proses pembuatan ruangan kapal penumpang.

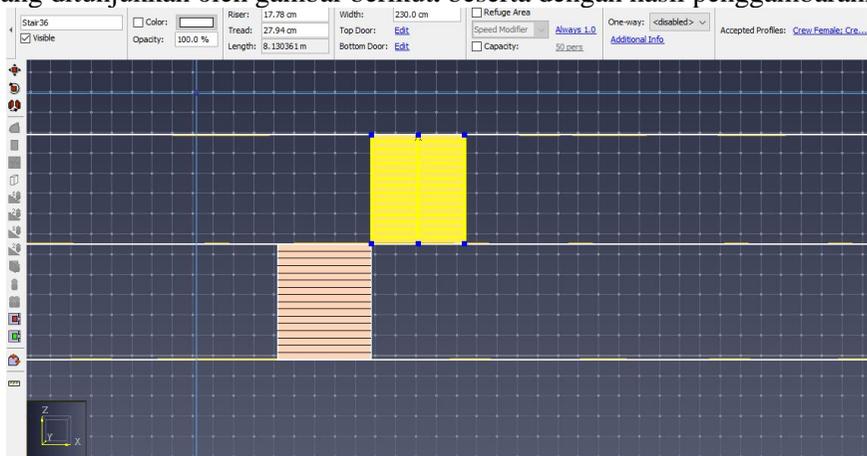
Setiap ruangan akan dihubungkan oleh akses berupa pintu yang proses pembuatannya ditunjukkan pada diatas pada proses pembuatan pintu akan dipertimbangkan tata letak pintu yang disesuaikan dengan *general arrangement* kapal penumpang. Pada proses ini juga ditentukan dimensi dari pintu serta *flow rate* yang disesuaikan dengan nilai *density* dari ruangan yang didapatkan dari perbandingan antara jumlah penumpang dibagi dengan dimensi ruangan yang ditempati dengan ketentuan nilai kurang dari 1.33 *person/meter*.



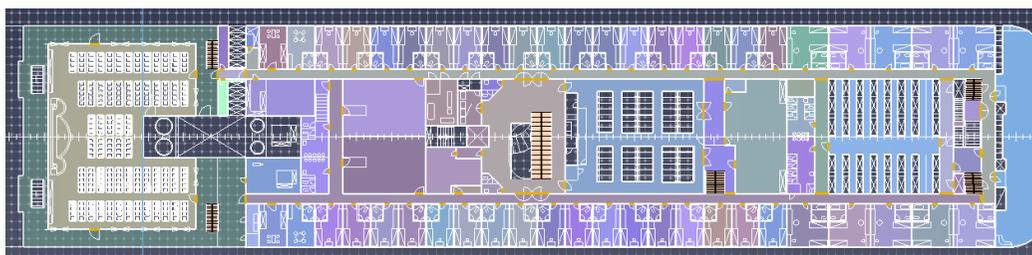
Gambar 4.2. Tampilan *window* pada proses pembuatan pintu kapal penumpang.

Sedangkan, akses berupa tangga akan menjadi penghubung antar dek yang proses pembuatannya ditunjukkan pada diatas pada proses pembuatan tangga akan

dipertimbangkan tata letak tangga yang disesuaikan dengan *general arrangement* kapal penumpang. Pada proses ini juga dipertimbangkan dimensi dari anak tangga dengan menentukan nilai dari *riser*, *tread*, serta panjang dan lebar. Salah satu tangga dibuat dengan nilai *riser* 17.78 cm, nilai *tread* 27.94 cm, dengan panjang tangga 4.960091 meter dan lebar 75 cm. Selanjutnya akan ditentukan fungsi dari tangga apakah dapat di akses dengan menentukan status *top door* dan *bottom door* yang ditunjukkan oleh gambar berikut, beserta dengan hasil penggambarannya.



Gambar 4.3. Tampilan *window* pada proses pembuatan tangga kapal penumpang.



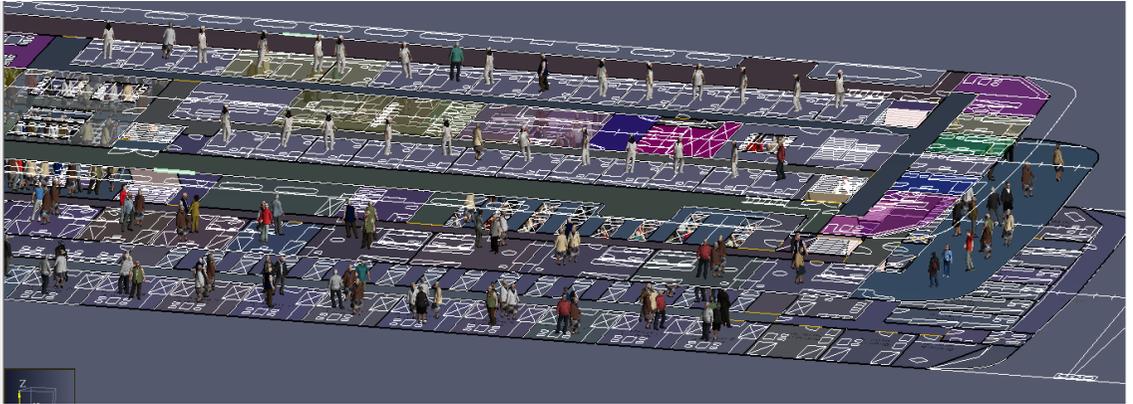
Gambar 4.4. Hasil penggambaran pada dek A kapal penumpang dengan *software pathfinder*.

Dan setelah semua tahapan dilaksanakan seperti yang terlihat hasil akhirnya pada gambar di atas menunjukkan penggambaran ruangan pada dek 4 seperti kabin, musholla, dan dapur. Pada dek 4 juga terdapat *assembly station* yang merupakan tempat evakuasi pada proses simulasi. Dinding dan beberapa perabotan digambarkan dengan penggambaran holes sehingga tidak dapat dijadikan akses oleh *occupants*.

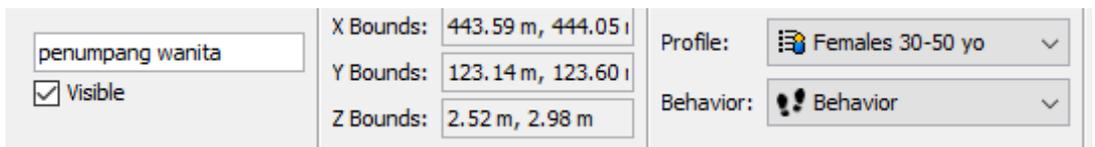
3.5.2 Penggambaran *Occupants*

Tahap selanjutnya adalah penggambaran *occupants* untuk mengisi setiap ruangan yang sudah digambar sebelumnya. *Occupants* akan menggambarkan agen yang merupakan penumpang kapal. Dalam pembuatan agen terdapat beberapa

pertimbangan yang harus dipenuhi mulai dari komposisi dari penumpang berdasarkan jenis kelamin dan rentang usia yang sudah didapatkan hasilnya pada saat pelaksanaan survei lapangan secara langsung. Yang kedua yakni pertimbangan berupa persentase persebaran penumpang untuk menentukan jumlah dari penumpang yang berada pada kabin dan penumpang yang terdistribusi. Selanjutnya akan ditentukan nilai dari kecepatan berjalan setiap penumpang dan juga tingkah laku dari penumpang. Gambar berikut menunjukkan hasil akhir dari penggambaran agen yang sudah disesuaikan dengan kondisi sebaran penumpang berdasarkan jenis kelamin dan rentang usia pada kondisi malam hari.

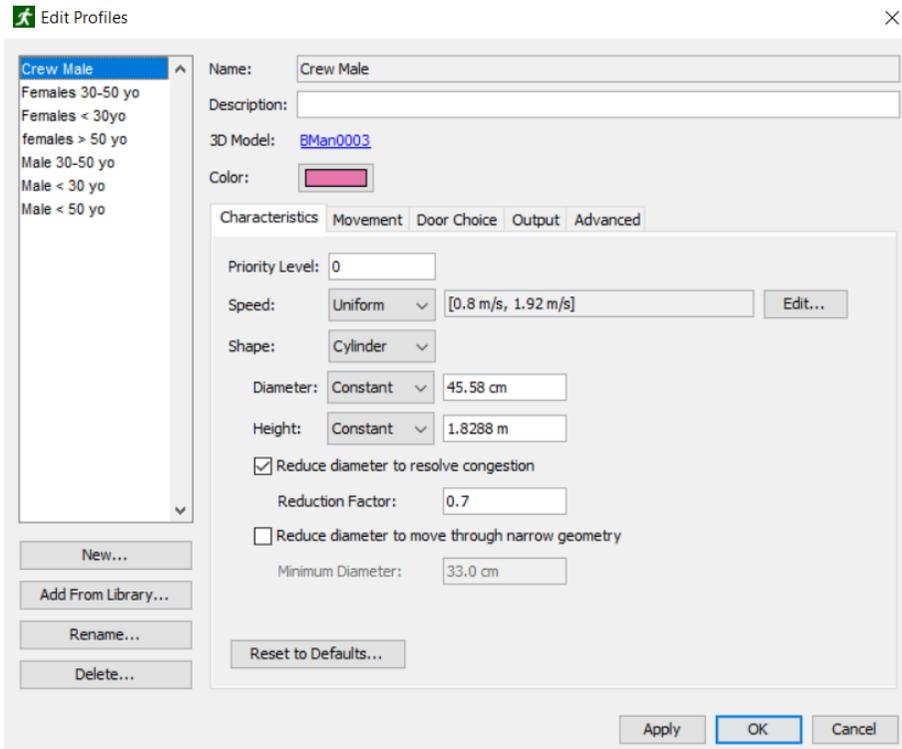


Gambar 4.5. Persebaran penumpang berdasarkan jenis kelamin dan rentang usia kapal PenumpangT pada kondisi malam hari.



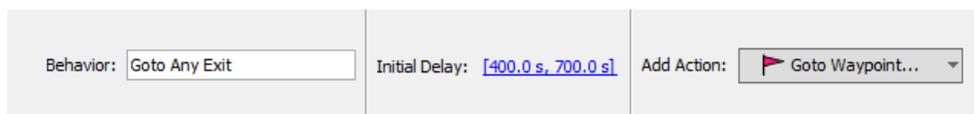
Gambar 4.6. Tampilan *window* proses penggambaran occupants penumpang wanita.

Pada Gambar diatas. menunjukkan proses penggambaran penumpang dengan kategori wanita berusia antara 30-50 tahun yang sudah ditentukan posisi dan kecepatan berjalan penumpang dengan nilai 0.90001 m/s. penumpang juga sudah ditentukan tingkah lakunya untuk menuju *assembly station* yang digambarkan dengan keterangan “*Goto Any Exit*”.



Gambar 4.7. Tampilan *window* proses penentuan parameter *profiles* pada simulasi evakuasi kapal

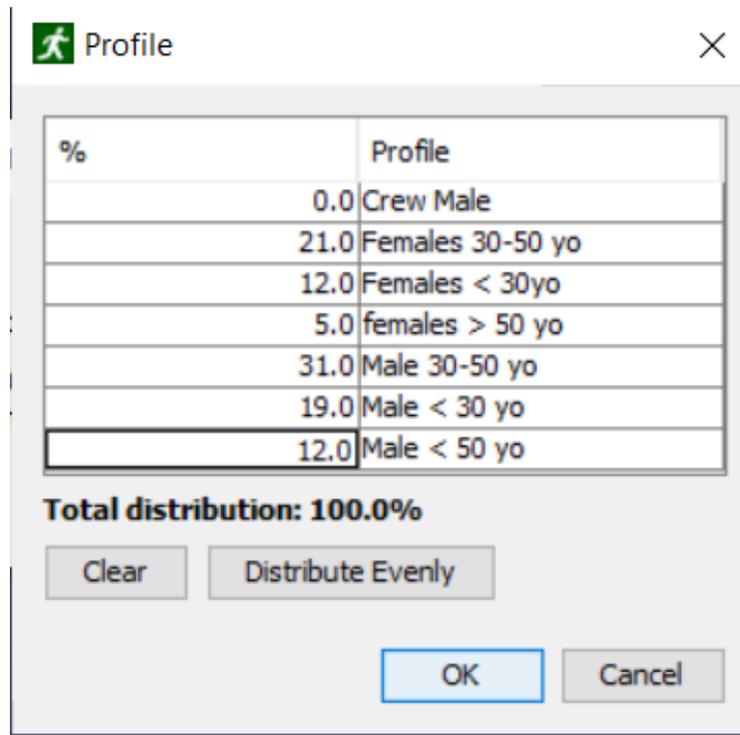
Gambar diatas menunjukkan proses penentuan parameter mulai dari characteristics, movement, door choice, output, dan advance. Pada proses ini nilai kecepatan berjalan penumpang ditentukan dari hasil survei lapangan dan nilainya akan didistribusikan menggunakan distribusi uniform sehingga nilai kecepatan minimal dan maksimal dapat ditentukan. Pada kategori perempuan dengan usia dibawah 30 tahun memiliki kecepatan berjalan dengan rentang antara 0.899 m/s sampai 1.011 m/s. Pada tahapan ini juga ditentukan nilai dari initial delay yang menggambarkan karakteristik respon dari penumpang untuk menuju ke assembly station. Tahapan tersebut di tunjukkan pada. dengan nilai initial delay adalah 400 sampai 700 detik. Dan menunjukkan nilai dari persebaran penumpang yang sudah dikategorikan berdasarkan jenis kelamin dan rentang usia dengan total distribusi harus 100%.



Gambar 4.8. Tampilan *window* proses penentuan nilai *initial delay* pada kondisi malam hari.

Pada gambar diatas diberikan informasi berupa nilai initial delay dengan rentang nilai 400 sampai 700 detik yang artinya suatu agen akan merespon suatu kejadian

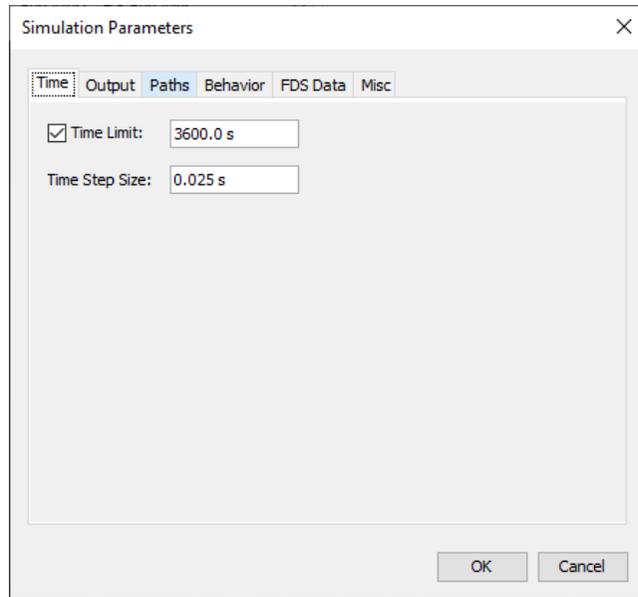
dengan rentang nilai tersebut. Dikarenakan agen merupakan variabel bebas dimana tingkah lakunya tidak dapat dikontrol maka tidak bisa ditentukan secara pasti setiap agen akan merespon suatu kejadian.



Gambar 4.9. Tampilan window penentuan persentase dari penumpang kapal.

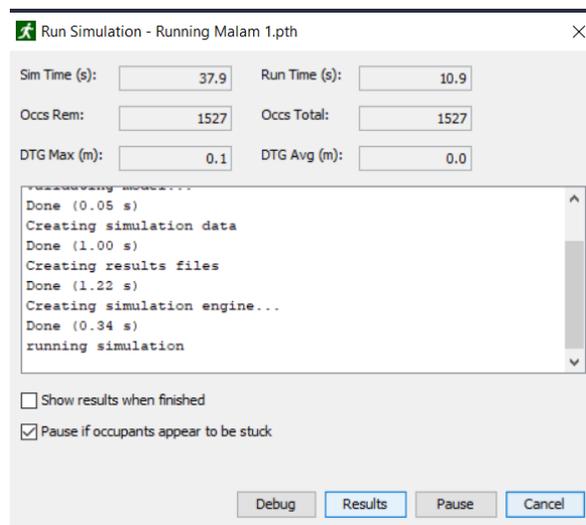
3.5.3 Penentuan Parameter Simulasi dan Tahapan Running

Tahapan penentuan parameter simulasi merupakan tahapan terakhir dalam serangkaian proses simulasi evakuasi penumpang kapal. Terdapat beberapa parameter simulasi yang harus ditentukan sebelum tahapan running dilakukan. Yang pertama adalah parameter waktu dimana akan ditentukan batas maksimal waktu simulasi yang nilainya lebih besar daripada waktu agen terakhir menuju ke *assembly station*. Parameter kedua adalah output yang diharapkan dari hasil simulasi. Dimana pada simulasi evakuasi output berupa waktu untuk menuju *assembly station* dan tingkah laku pada setiap agen. Gambar di bawah, menunjukkan nilai time limit dari simulasi evakuasi yang disesuaikan dengan ketentuan dari IMO MSC.1/Circ. 1533 yang menjelaskan bahwa nilai maksimal evakuasi penumpang kapal Ro-ro selama 60 menit.



Gambar 4.10. tampilan *window* penentuan parameter simulasi evakuasi kapal Ro-ro 1309 DWT.

Pada Gambar di atas menunjukkan nilai time limit selama 3600 detik yang mendefinisikan bahwa tahap running memiliki nilai maksimal selama 3600 detik. Apabila waktu agen terakhir menuju ke assembly station lebih dari 3600 detik maka simulasi tidak akan berjalan. Gambar di bawah merupakan tahap running simulasi evakuasi penumpang kapal penumpang pada kondisi malam hari dengan jumlah penumpang sebanyak 1527 penumpang.



Gambar 4.11. Tampilan *window* tahap *running* simulasi evakuasi kapal penumpang pada kondisi malam hari.

3.5.4 Hasil Simulasi Evakuasi Penumpang

Hasil dari simulasi evakuasi penumpang kapal merupakan *output* dari simulasi sesuai dengan IMO MSC.1/Circ. 1533 dengan parameter yang sudah ditentukan sebelumnya. *Output* dari simulasi evakuasi akan memberikan informasi terkait total durasi yang dibutuhkan oleh seluruh penumpang untuk menuju *assembly station* dan di dapatkan nilai *Travel time*

3.6. Kesimpulan dan Saran

Langkah terakhir adalah membuat kesimpulan dari keseluruhan proses yang telah dilakukan sebelumnya, serta memberikan jawaban atas permasalahan yang ada. Selanjutnya adalah memberikan saran berdasarkan hasil analisa untuk dijadikan dasar pada penelitian selanjutnya, baik terkait secara langsung pada penelitian ini maupun pada data-data dan metodologi yang nantinya akan direferensi.

BAB 4 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Pada bagian ini akan dijelaskan terkait tahapan dalam pengerjaan tugas akhir mengenai analisis sistem evakuasi kapal. Langkah awal yang dilakukan yakni melakukan pengumpulan dan pengolahan data sebagai tahapan sebelum melaksanakan serangkaian tahapan pengerjaan tugas akhir. Data yang perlu disiapkan berupa *General Arrangement* kapal, distribusi kecepatan berjalan penumpang berdasarkan rentang usia dan jenis kelamin, serta komposisi dan persebaran penumpang pada kondisi waktu siang dan malam hari. Pada tahapan pengolahan data didapatkan *drawing general arrangement* kapal dalam bentuk 2D dan 3D yang digunakan untuk tahapan simulasi. Kemudian dilakukan pembuatan model terkait *general arrangement* yang digunakan dalam simulasi sistem evakuasi penumpang kapal sehingga dapat memberikan rekomendasi berupa rute evakuasi yang optimal. Selanjutnya dibuat simulasi proses evakuasi menggunakan *agent based modeling simulation* dimana penumpang sebagai agen dapat berinteraksi dengan berbagai objek hidup maupun objek mati yang disimulasikan secara bebas dengan melakukan tahapan simulasi sesuai dengan standar yang sudah ditentukan oleh IMO MSC.1/Circ. 1533. Dari tahapan simulasi evakuasi penumpang kapal akan didapatkan waktu evakuasi berdasarkan hasil simulasi yang dijadikan acuan dalam penentuan solusi dari permasalahan dalam tugas akhir ini.

4.2 Komposisi Penumpang

Komposisi penumpang dan crew menurut IMO. MSC/Circ.1533 dapat dilihat pada Tabel 4.1 di bawah ini. Dalam penelitian ini data yang digunakan sesuai dengan komposisi penumpang menurut populasi umur dan gender sesuai dengan yang telah ditetapkan oleh standar IMO. MSC/Circ.1533.

Tabel 4.1 Tabel Distribusi Populasi penumpang sesuai umur

Populasi penumpang sesuai umur	Prosentase penumpang
Wanita lebih muda dari 30 tahun	7
Wanita 30-50 tahun	7
Wanita lebih tua dari 50 tahun	16
Pria lebih muda dari 30 tahun	7
Pria 30-50 tahun	7
Pria lebih tua dari 50 tahun	16
Crew Pria	50

Sumber: Nurhadi (2015)

4.3 Simulasi Evakuasi Penumpang

Tahapan simulasi evakuasi penumpang akan dilakukan sesuai dengan *guideline's* IMO MSC.1/Circ. 1533 dengan model yang sudah disesuaikan dengan kapal.

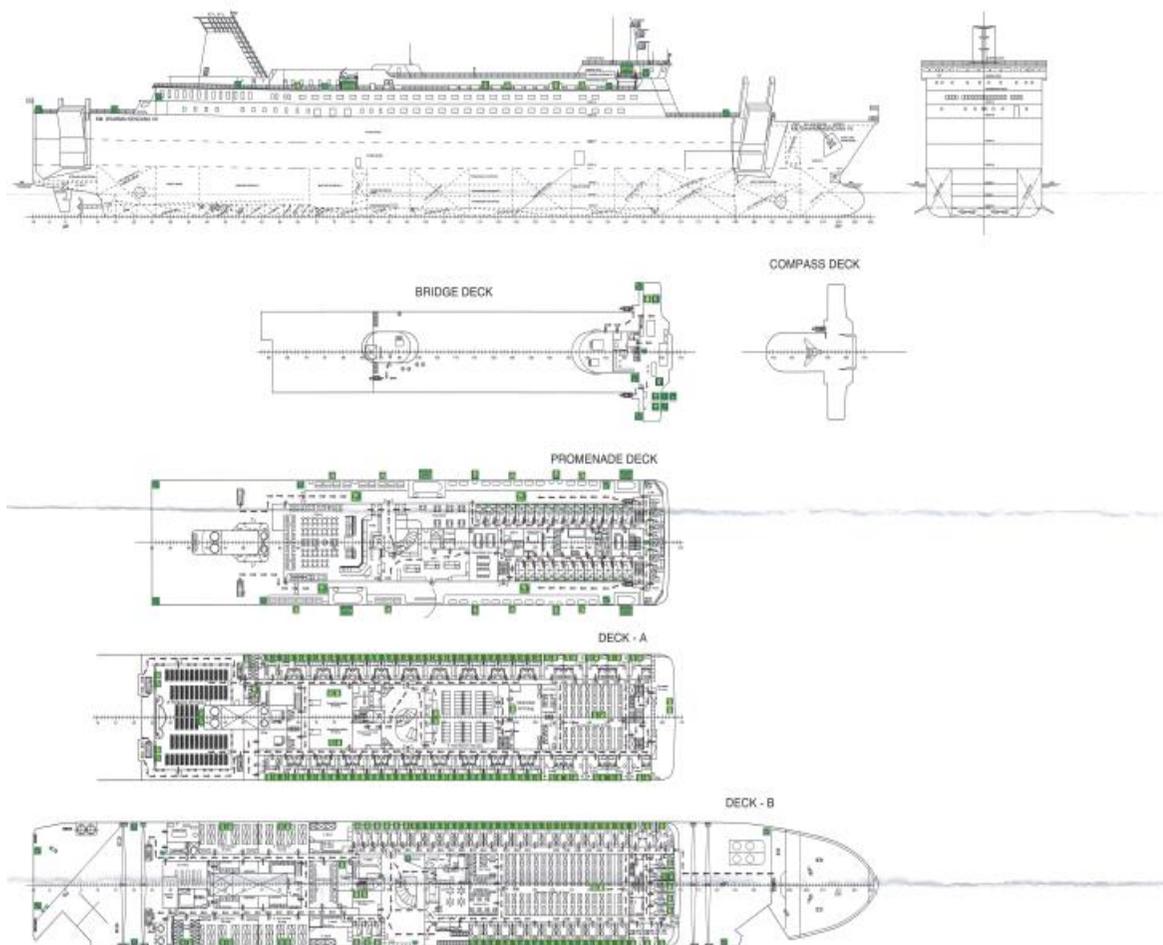
Dimana simulasi akan dilakukan berdasarkan empat kasus berdasarkan kondisi siang dan malam. Simulasi ini akan diterapkan kedalam kondisi dimana jumlah penumpang melebihi kapasitas muatan yakni dengan jumlah penumpang pada kondisi malam sejumlah 840 penumpang dan pada kondisi siang sejumlah 840 penumpang

Tahapan simulasi menggunakan *software pathfinder* dengan *agent based modeling simulation* dimana agen merupakan variabel bebas dengan kecepatan berjalan yang bersifat *uniform kontinu*. Agen berperilaku sesuai dengan kondisi dan tidak dapat dikontrol untuk responnya terhadap suatu rangsangan. Pada *software* ini akan ditentukan rentang nilai dari kecepatan berjalan penumpang berdasarkan jenis kelamin dan rentang usia dengan nilai *initial delay* yang ditentukan berdasarkan kondisi siang dan malam. Tujuan akhir dari tahapan simulasi evakuasi penumpang kapal adalah mengetahui berapa nilai durasi perjalanan suatu agen menuju ke *assembly station*. Oleh karena itu, akan ditentukan letak *assembly station* dari model yang disesuaikan dengan letak sebenarnya.

Kapal memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Panjang Garis Air : 74.25 m
2. Panjang Keseluruhan : 186 m
3. Lebar : 25.5 m
4. Dalam : 17.91 m
5. Sarat Maximum : 6.60 m
6. G T : 27621 ton
7. Kecepatan : 16 knot
8. Kapasitas Penumpang : 840 orang

Berikut Gambar adalah Gambar General Arrangement and Safety Plan yang digunakan dalam penelitian



Gambar 4.1. Gambar Rencana Umum dan Rencana Keselamatan Kapal Penumpang

4.3.1 Total Evacuation Time untuk Kasus Malam Persebaran Populasi Penumpang dan ABK

Pada kasus malam distribusi penumpang dan ABK tersebar pada geladak penumpang (deck C), geladak restoran (deck D), dan geladak navigasi (deck E) sesuai dengan kategori populasi. Detail distribusi penumpang dan ABK dapat dilihat pada Tabel berikut ini ini.

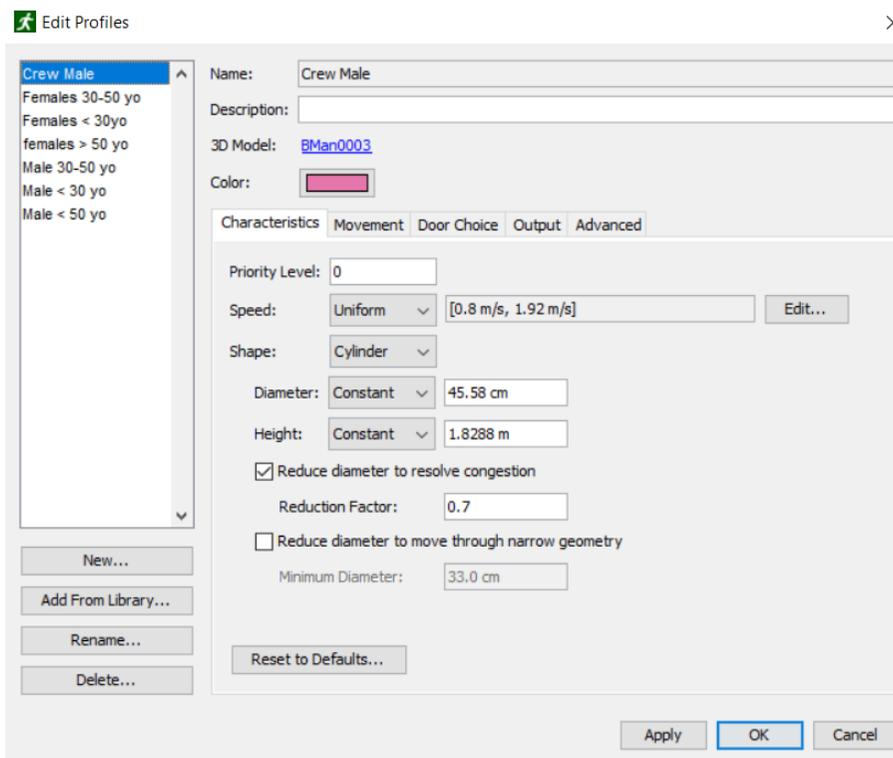
Tabel 4.2 Tabel Persebaran Penumpang Kapal saat Malam Hari

Persebaran Penumpang Malam							
m30	m30-50	m50	f30	f30-50	f50	Jumlah	
19%	31%	12%	12%	21%	5%	100%	PROMADE DEK
							kamar ABK
							kamar crew
							ruang makan crew
							ruang makan
							ruang makan
							DEK A
19	31	12	19	31	12	100	ruang lesehan
6	9	4	6	9	4	30	Kamar VIP
15	25	10	15	25	10	80	Ruang tidur ekonomi 2 tingkat
17	28	11	17	28	11	90	mushola
25	40	16	25	40	16	130	ruang tidur ekonomi
22	35	14	22	35	14	114	kamar kelas 1
15	25	10	15	25	10	80	ruang merokok
4	6	2	4	6	2	20	ruang ibu dan anak
19	31	12	19	31	12	100	tempat tidur lesehan
4	7	3	4	7	3	22	kamar crew
57	93	36	57	93	36	300	ruang panggung
0	0	0	0	0	0		DEK B
30	50	19	30	50	19	160	Ruang Sopir 2 tingkat
4	7	3	4	7	3	21	Kamar kelas 2
8	14	5	8	14	5	44	Kamar kelas 2
0	0	0	0	0	0		ruang merokok
0	0	0	0	0	0		toko
1	2	1	1	2	1	6	kamar artis lanjas medis
5	7	3	5	7	3	24	tempat tidur lesehan
19	30	8	13	22	8	98	ruang lesehan
3	6	2	3	6	2	18	ruang tidur ekonomi
3	6	2	3	6	2	18	ruang tidur ekonomi
4	7	3	4	7	3	22	ruang tidur ekonomi
4	7	3	4	7	3	22	ruang tidur ekonomi
5	9	3	5	9	3	28	ruang tidur ekonomi
290	473	183	290	473	183	1527	

Simulasi *Advance Analysis* menggunakan *Pathfinder*

Langkah-langkah dalam melakukan simulasi *advance analysis* menggunakan *pathfinder* adalah seperti yang sudah dijelaskan pada Bab III (Metodologi Penelitian), yaitu:

1. Membuat model ruangan termasuk *doors*, *stairs*, *corridors* sesuai dengan Rencana Umum.
2. Memberi keterangan ruangan pada masing-masing geladak.
3. Mendiskripsikan tipe penumpang dan ABK dengan memberikan nilai *walking speed* sesuai data IMO. Edit profile untuk masing-masing kategori dapat dilihat pada Gambar 4. di bawah ini.



Gambar. 4.2. Tampilan window dari penggambaran profil penumpang

Tabel 4.3. Tabel Kecepatan berjalan penumpang

Kelompok populasi penumpang	kecepatan berjalan	
	minimum (m/s)	Maksimum (m/s)
Wanita lebih muda dari 30 tahun	0.74	1.7
Wanita 30-50 tahun	0.82	1.33
Wanita lebih tua dari 50 tahun	0.74	1.14
Pria lebih muda dari 30 tahun	1.04	1.92
Pria 30-50 tahun	0.86	1.50
Pria lebih tua dari 50 tahun	0.76	1.48
Crew Pria	0.80	1.92

Sumber: Nurhadi (2015)

Data kecepatan di atas merupakan profil kecepatan setiap penumpang saat disimulasikan pada pathfinder. Data tersebut disimulasikan dengan distribusi uniform.

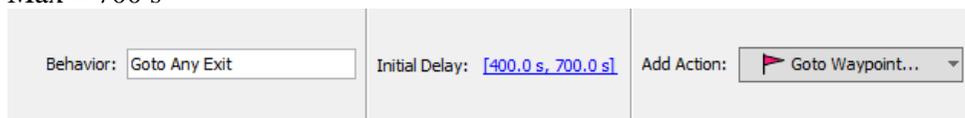
4. Menentukan jumlah penumpang dan ABK di setiap ruangan sesuai distribusi pada Tabel 4.3
5. Menambahkan perilaku/*behavior* pada penumpang dan ABK. Beberapa parameter yang dapat ditambahkan adalah

- *Initial delay (Response Time)*:

Dimana nilai *response time* untuk kasus malam adalah sebagai berikut:

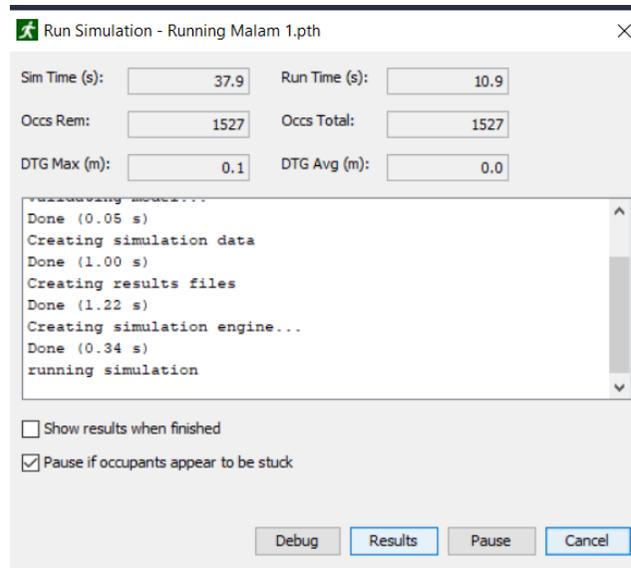
Min = 400 s

Max = 700 s

**Gambar 4.3.** Kotak dialog initial delay (*response time*) kasus malam

Pada Gambar di atas, diberikan informasi berupa nilai initial delay dengan rentang nilai 400 sampai 700 detik yang artinya suatu agen akan merespon suatu kejadian dengan rentang nilai tersebut. Dikarenakan agen merupakan variabel bebas dimana tingkah lakunya tidak dapat dikontrol maka tidak bisa ditentukan secara pasti setiap agen akan merespon suatu kejadian.

6. *Simulation* Parameter digunakan steering model, sehingga bisa diatur beberapa parameter seperti berikut:
 - Collision handling
 - Specific flow = 1,33 p / (ms)
7. *Running* simulation merupakan langkah terakhir dalam melakukan pemodelan *advanced analysis*.

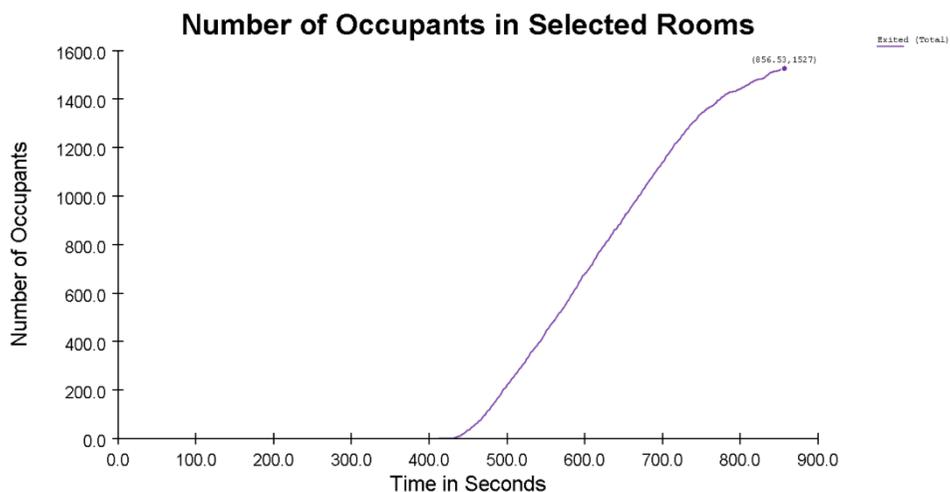


Gambar 4.4 Proses *running simulation of advance analysis* kasus malam

8. Hasil *Travel Time* proses *running simulation* untuk kasus malam adalah sebagai berikut:

- Kasus malam kondisi normal

Hasil simulasi untuk kasus malam kondisi normal dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



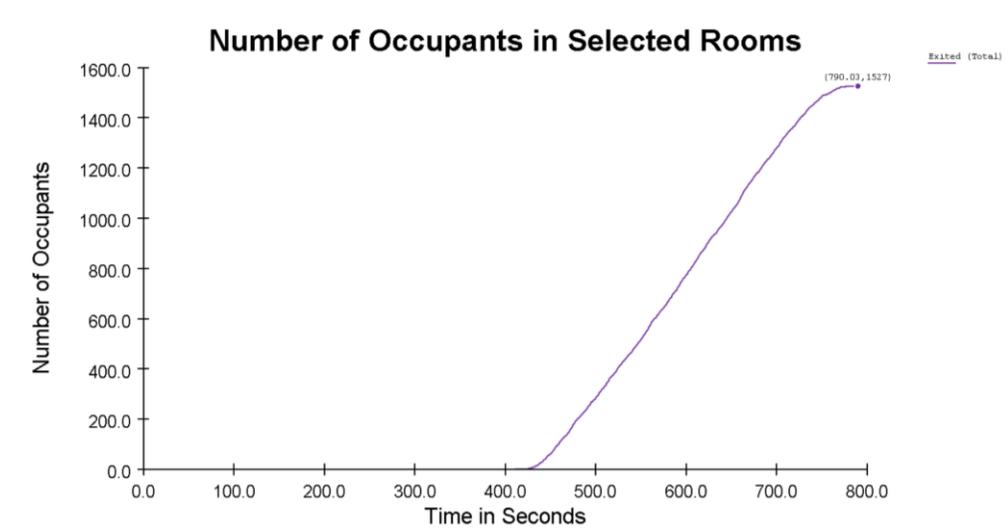
Gambar 4.5 Hasil *travel time* kasus malam (kondisi normal)

Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa nilai *travel time* (T) untuk kasus malam kondisi normal adalah sebesar 856,53 detik (14,28 menit) untuk mengevakuasi penumpang sebanyak 720 orang. Sehingga di dapatkan total waktu evakuasi kasus malam (kondisi normal) adalah sebesar

$$\begin{aligned}
 &= 1,25T + \frac{2}{3}(E + L) \\
 &= 1,25(14.28) + \frac{2}{3}(30) \\
 &= 38,24 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

- Kasus malam kondisi evakuasi

Hasil simulasi untuk kasus malam kondisi evakuasi dapat dilihat pada gambar 4.17 di bawah ini.



Gambar 4.6 Hasil *travel time* kasus malam (kondisi evakuasi)

Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa nilai *travel time* (T) untuk kasus malam kondisi evakuasi adalah sebesar 790 detik (13.16 menit) untuk mengevakuasi penumpang sebanyak 840 orang. Sehingga di dapatkan total waktu evakuasi kasus malam (kondisi evakuasi) adalah sebesar

$$\begin{aligned}
 &= 1,25T + \frac{2}{3}(E + L) \\
 &= 1,25(13.16) + \frac{2}{3}(30) \\
 &= 36.45 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

4.3.2 Total Evacuation Time untuk Kasus Siang Persebaran Populasi Penumpang dan ABK

Pada kasus malam distribusi penumpang dan ABK tersebar pada geladak penumpang (deck C), geladak restoran (deck D), dan geladak navigasi (deck E) sesuai dengan kategori populasi pada . Detail distribusi penumpang dan ABK dapat dilihat pada Tabel di bawah ini.

Tabel 4.4 Persebaran Penumpang pada siang hari

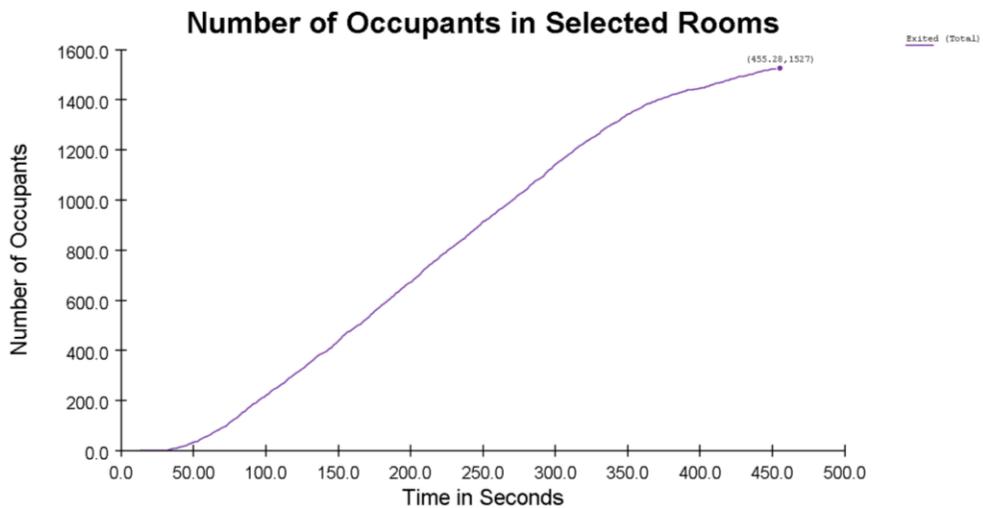
Persebaran penumpang Siang							
m30	m30-50	m50	f30	f30-50	f50	Jumlah	
19	31%	12	12	21%	5	100%	PROMADE DEK
%		%	%		%		kamar ABK
							kamar crew
							ruang makan crew
8	8	5	8	8	5	40	ruang makan
28	28	17	28	28	17	145	ruang makan
							DEK A
19	19	12	19	19	12	100	ruang lesehan
						30	Kamar VIP
						80	Ruang tidur ekonomi 2 tingkat
17	17	11	17	17	11	90	mushola
						130	ruang tidur ekonomi
						114	kamar kelas 1
15	15	10	15	15	10	80	ruang merokok
4	4	2	4	4	2	20	ruang ibu dan anak
						100	tempat tidur lesehan
						22	kamar crew
57	57	36	57	57	36	300	ruang panggung
							DEK B
1	1	1	1	1	1	6	Ruang Sopir 2 tingkat
1	1	1	1	1	1	6	Kamar kelas 2
19	19	12	19	19	12	98	Kamar kelas 2
8	8	5	8	8	5	40	ruang merokok
6	6	4	6	6	4	30	toko
						3	kamar artis lanjas medis
5	5	3	5	5	3	24	tempat tidur lesehan
2	2	1	2	2	1	9	ruang lesehan
2	2	1	2	2	1	9	ruang tidur ekonomi
2	2	1	2	2	1	9	ruang tidur ekonomi

2	2	1	2	2	1	11	ruang tidur ekonomi
2	2	1	2	2	1	11	ruang tidur ekonomi
4	4	2	4	4	2	20	ruang tidur ekonomi
290	290	183	290	290	18 3	1527	

▪ **Simulasi *Advance Analysis* menggunakan Pathfinder**

Langkah-langkah dalam melakukan simulasi *advance analysis* menggunakan pathfinder adalah seperti yang sudah dijelaskan pada evakuasi kasus malam, yaitu

1. Membuat model ruangan termasuk *doors, stairs, corridors* sesuai dengan Rencana Umum.
2. Memberi keterangan ruangan pada masing-masing geladak.
3. Mendiskripsikan tipe penumpang dan ABK dengan memberikan nilai walking speed sesuai data IMO (Tabel 4.5). Edit profile untuk masing-masing kategori dapat dilihat pada Gambar 4.13 dan Gambar 4.14.
4. Menentukan jumlah penumpang dan ABK di setiap ruangan sesuai distribusi pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8.
5. Menambahkan perilaku/behavior pada penumpang dan ABK. Beberapa parameter yang dapat ditambahkan adalah
 - *Initial delay (Response Time)*: dipilih distribusi *logarithmic normal* (lihat persamaan 2.9)
Dimana nilai *response time* untuk kasus siang adalah sebagai berikut:
Min = 0 s
Max = 300 s
6. *Simulation* Parameter digunakan steering model, sehingga bisa diatur beberapa parameter seperti berikut:
 - Collision handling
 - Specific flow = 1,33 p / (ms)
7. *Running simulation* merupakan langkah terakhir dalam melakukan pemodelan *advanced analysis*.
8. Hasil *Travel Time* proses *running simulation* untuk kasus siang adalah sebagai berikut:
 - Kasus siang kondisi normal
 Hasil simulasi untuk kasus siang kondisi normal dapat dilihat pada gambar 4.19 di bawah ini.



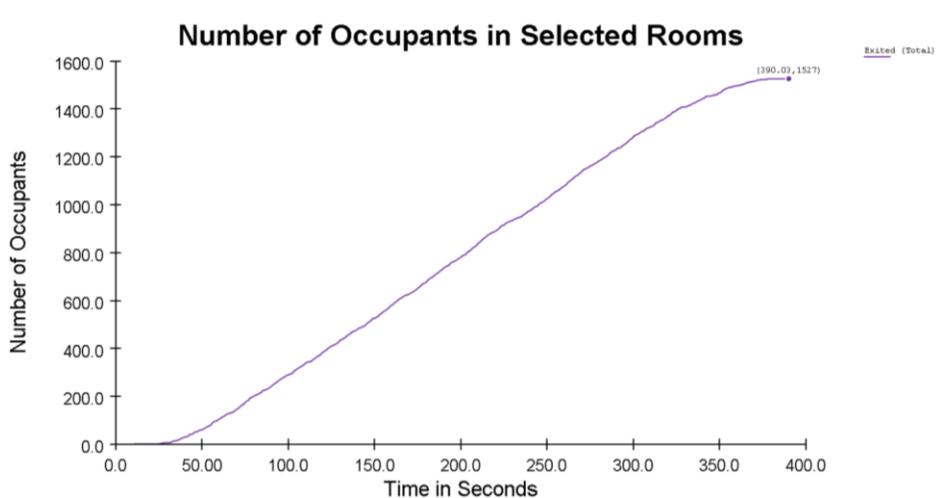
Gambar 4.7 Hasil *travel time* kasus siang (kondisi normal)

Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa nilai *travel time* (T) untuk kasus siang kondisi normal adalah sebesar 455.28 detik (7.59 menit) untuk mengevakuasi penumpang sebanyak 840 orang. Sehingga di dapatkan total waktu evakuasi kasus siang (kondisi normal) adalah sebesar

$$\begin{aligned}
 &= 1,25T + \frac{2}{3}(E + L) \\
 &= 1,25(7.59) + \frac{2}{3}(30) \\
 &= 29.49 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

- Kasus siang kondisi evakuasi

Hasil simulasi untuk kasus siang kondisi evakuasi dapat dilihat pada gambar 4.20 di bawah ini.



Gambar 4.8 Hasil *travel time* kasus siang (kondisi evakuasi)

Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa nilai *travel time* (T) untuk kasus siang kondisi evakuasi adalah sebesar 390 detik (6.5 menit) untuk mengevakuasi penumpang sebanyak 840 orang. Sehingga di dapatkan total waktu evakuasi kasus siang (kondisi evakuasi) adalah sebesar

$$\begin{aligned}
 &= 1,25T + \frac{2}{3}(E + L) \\
 &= 1,25(6.5) + \frac{2}{3}(30) \\
 &= 28.12 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan pada tugas akhir ini terkait simulasi evakuasi kapal Ro-ro menggunakan agent based modeling simulation maka dapat ditarik kesimpulan dan saran sebagai berikut,

5.1 Kesimpulan

1. Dari simulasi evakuasi kapal penumpang berdasarkan data literatur didapatkan hasil bahwa:
 - a. Total waktu evakuasi kasus siang (kondisi normal) adalah 29,49 menit
 - b. Total waktu evakuasi kasus siang (kondisi evakuasi) adalah 28,12 menit
 - c. Total waktu evakuasi kasus malam (kondisi normal) adalah 38,24 menit
 - d. Total waktu evakuasi kasus malam (kondisi evakuasi) adalah 36.45 menit
2. Kapal penumpang bisa dimuati hingga 1527 penumpang dari kapasitas penumpang yang sehausnya 880 penumpang dengan memaksimalkan ruangan-ruangan umum seperti tempat lesehan maupun ruang panggung .
3. Maka dari itu seluruh hasil dari simulasi memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh guideline IMO.MSC 1533, yaitu tidak lebih dari 3600 detik atau 60 menit

5.2 Saran

1. Membandingkan Metode Agen Based Modeling Simulation dengan metode-metode Simulasi evakuasi lainnya seperti Discrete Event.
2. Melakukan penelitian terkait evakuasi penumpang selain kecelakaan berupa kebakaran kapal atau kecelakaan lainnya
3. Mempertimbangkan dampak dari kejadian kebakaran kapal seperti, kondisi kapal trim dan list.

DAFTAR PUSTAKA

1. Siswanto, N, 2015. *Studi Eksperimental dan Simulasi Evakuasi pada Kapal Penumpang*, Surabaya: s.n.
2. Mufikri, M. I., 2019. *Analisis Evakuasi Penumpang Kapal Ro-ro 1309 DWT Dengan Agent Based Modeling Simulation*, Surabaya: s.n.
3. Afrianza, I., 2016. *Analisis Sistem Evakuasi Kapal Penumpang 1200 GT Dalam Kondisi Kebakaran Dengan Pendekatan Agent Based Modeling*, Surabaya: s.n.
4. Firdausi, A. N., 2013. *Analisa Evakuasi Penumpang Pada Kapal Ro-ro Menggunakan Discrete Event Simulation Dan Social Force Model*, Surabaya: s.n.
5. International Maritime Organization, 2016. *Guidelines on Evacuation Analysis For New and Existing Passenger Ship*. London: s.n.
6. Komisi Nasional Keselamatan Transportasi, 2017. *Laporan Investigasi Keselamatan Transportasi*, Jakarta: s.n.
7. Priohutomo, K., 2017. Analisa Waktu Evakuasi Dengan Metode Advance Pada Kapal Perintis 1200 GT. *Jurnal Ilmu Pengetahuan & Teknologi Kelautan*.
8. Thunderhead Engineering, 2019. *Pathfinder User Manual*. USA: s.n.

LAMPIRAN A

Model Record Simulation Kasus Malam Normal

Simulation: Running Malam 1
 Version: 2019.3.1217
 Mode: Steering (Flow-limited)
 Total Occupants: 1527

Completion Times for All Occupants (s):

Min: 412.4 "02151"
 Max: 856.4 "02928"
 Average: 622.2
 StdDev: 103.6

Completion Times by Behavior (s):

Behavior	Count	Min	Min_Name	Max	Max_Name	Avg	StdDev
behavior	1527	412.4	"02151"	856.4	"02928"	622.2	103.6
all behaviors	1527	412.4	"02151"	856.4	"02928"	622.2	103.6

Completion Times by Profile (s):

Profile	Count	Min	Min_Name	Max	Max_Name	Avg	StdDev
Crew Male	61	440.3	"crew"	778.6	"crew"	605.7	93.4
Females 30-50 yo	306	443.3	"01851"	852.6	"02618"	621.3	106.7
Females < 30yo	175	436.0	"02681"	851.5	"02496"	621.4	102.7
Male 30-50 yo	456	416.7	"01858"	856.4	"02928"	625.6	105.5
Male < 30 yo	277	435.0	"02041"	850.4	"01257"	618.0	99.1
Male < 50 yo	178	412.4	"02151"	849.1	"01299"	625.1	98.5
females > 50 yo	74	434.0	"02882"	841.7	"01276"	628.6	114.0
all profiles	1527	412.4	"02151"	856.4	"02928"	622.2	103.6

Travel Distances for All Occupants (m):

Min: 12.7 "02151"
 Max: 187.0 "01489"
 Average: 57.6
 StdDev: 26.8

Movement Distance by Behavior (m):

Behavior	Count	Min	Min_Name	Max	Max_Name	Avg	StdDev
behavior	1527	12.7	"02151"	187.0	"01489"	57.6	26.8
all behaviors		1527	12.7	"02151"	187.0	"01489"	57.6
							26.8

Movement Distance by Profile (m):

Profile	Count	Min	Min_Name	Max	Max_Name	Avg	StdDev
Crew Male		61	19.0	"crew"	68.9	"crew"	47.0
							15.1
Females 30-50 yo		306	12.9	"01866"	151.2	"01490"	56.5
							25.1
Females < 30yo		175	16.7	"01828"	172.2	"01288"	58.4
							26.4
Male 30-50 yo		456	13.2	"01867"	185.9	"02943"	59.2
							28.2
Male < 30 yo		277	16.1	"02153"	187.0	"01489"	59.1
							28.4
Male < 50 yo		178	12.7	"02151"	182.0	"02591"	56.9
							26.7
females > 50 yo		74	18.5	"02144"	133.4	"02940"	56.5
							24.1
all profiles	1527	12.7	"02151"	187.0	"01489"	57.6	26.8

[Components] All: 628

[Components] Doors: 317

Triangles: 4226

Startup Time: 0.4s

CPU Time: 111.5s

Door Flow Rates:

Last_Out_Name	Door	First_In	Last_Out
	Total_Use	Flow_Avg	

		Door268	475.0	646.2	crew
2	0.01				
		Door265	412.9	722.6	01571
234	0.76				
		Door273	430.5	712.8	01607
40	0.14				
		Door272	480.5	706.6	crew
12	0.05				
		Door270	562.8	699.0	crew
2	0.01				
		Door271	0.0	0.0	0
Door257_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1				580.6	649.0
crew	2	0.03			
		Door260	438.7	626.7	crew
2	0.01				
		Door259	436.0	651.3	crew
4	0.02				
		Door258	0.0	0.0	0
Door257_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1				534.7	580.2
crew	2	0.04			
		Door257_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1		653.8	673.3
crew	2	0.10			
		Door275	410.9	715.8	01430
153	0.50				
		Door257_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1	417.3	534.6	
01616	4	0.03			
		Door257_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1	482.9	678.9	
01612	4	0.02			
		Door257_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1	537.4	700.8	
01607	4	0.02			
		Door257_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1	449.5	690.4	
01610	4	0.02			
		Door256_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1	506.7	691.8	
01559	4	0.02			
		Door256_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1	413.2	675.5	
01563	4	0.02			
Door256_1					509.0
653.0		crew	2	0.01	
		Door286	0.0	0.0	0
		Door292_1	497.7	704.4	01259
3	0.01				

		Door287	416.5		680.2	01264
19	0.07					
		Door287_1	0.0	0.0		0
		Door292	422.2		709.3	01259
26	0.09					
		Door288	419.7		713.2	02918
25	0.09					
		Door294_1	426.4		740.4	02918
65	0.21					
		Door293_1_1_1_1_1_1_1_1	411.4		702.2	
02909	29	0.10				
		Door293_1_1_1_1_1_1_1_1	0.0	0.0		
0						
		Door290	0.0	0.0		0
		Door256_1_1_1_1_1	695.2		695.2	
01113	1					
		Door256_1_1_1_1_1_1_1_1	597.4		597.4	
01112	1					
		Door293_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1	470.3		687.0	
01109	5	0.02				
		Door293_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1		419.9		719.7
01559	37	0.12				
		Door295	0.0	0.0		0
		Door293_1_1_1_1_1_1_1_1	0.0	0.0		
0						
		Door293_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1	0.0	0.0		
0						
		Door293_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1		0.0	0.0	
0						
		Door296	0.0	0.0		0
		Door297	422.9		741.8	02909
102	0.32					
		Door257_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1		429.1		692.2
01595	4	0.02				
		Door257_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1		491.5		681.7
01598	4	0.02				
		Door257_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1		560.5		675.0
01600	4	0.03				
		Door257_1_1_1_1	451.0		700.3	
01623	4	0.02				
		Door298	0.0	0.0		0

02890	40	0.14	Door284_1_1_1_1_1	407.4	700.3	
02891	4	0.01	Door284_1_1_1_1_1	415.7	696.4	
	102	0.32	Stair26 door 1	429.1	752.9	02909
	102	0.31	Stair26 door 2	433.2	758.3	02909
	65	0.20	Stair27 door 1	432.9	751.6	02918
	65	0.20	Stair27 door 2	436.5	757.9	02918
			Stair29 door 1	0.0	0.0	0
			Stair29 door 2	0.0	0.0	0
	234	0.75	Stair30 door 1	414.7	726.6	01607
	234	0.75	Stair30 door 2	419.4	733.5	01607
01109	1		Door256_1_1_1	679.6	679.6	
	23	0.08	Door301	429.2	720.6	01623
	109	0.34	Stair35 door 1	415.7	731.8	01623
	109	0.34	Stair35 door 2	423.2	740.4	01623
	3	0.01	Door03	460.1	676.7	01650
	3	0.05	Door04	518.1	574.0	01645
	3	0.02	Door05	444.1	626.4	01641
	3	0.06	Door06	423.5	476.0	01644
	3	0.01	Door07	418.3	629.9	01637
	3	0.01	Door08	423.7	631.4	02044
	3	0.01	Door09	441.6	642.3	01988
	3	0.02	Door10	537.7	702.7	01984

		Door11	429.1	690.9	01983
3	0.01	Door12	430.9	652.6	01979
3	0.01	Door13	480.2	678.5	01976
3	0.02	Door14	428.7	625.4	01972
3	0.02	Door15	430.7	671.9	01971
3	0.01	Door16	477.5	652.0	01966
3	0.02	Door17	418.5	624.7	01965
3	0.01	Door18	480.5	539.4	01962
3	0.05	Door19	582.2	655.6	01957
3	0.04	Door20	463.9	659.4	01954
3	0.02	Door21	448.5	620.7	01952
3	0.02	Door22	428.2	690.7	01949
3	0.01	Door23	475.1	630.3	01947
3	0.02	Door24	502.4	699.8	01944
3	0.02	Door25	477.3	578.4	01941
3	0.03	Door27	447.9	688.2	02986
12	0.05	Door28	445.1	685.8	03006
12	0.05	Door47	624.2	665.2	01665
3	0.07	Door48	427.8	666.5	01660
3	0.01	Door49	409.2	531.4	01659
3	0.02	Door50	617.4	668.9	01654
3	0.06				

		Door51	609.2		698.6		01653
3	0.03						
		Door54	0.0	0.0			0
		Door55	0.0	0.0			0
		Door56	0.0	0.0			0
		Door66	0.0	0.0			0
		Door67	426.4		703.9		01653
15	0.05						
		Stair17 door 1	434.0		708.8		01653
16	0.06						
		Stair17 door 2	428.7		705.4		01653
16	0.06						
		Door74	612.3		701.2		01653
3	0.03						
		Door75	0.0	0.0			0
		Door76	411.3		717.2		01721
68	0.22						
		Door77	431.4		704.1		01984
33	0.12						
		Door78	420.1		729.3		01721
98	0.32						
		Door81	429.7		791.9		01949
41	0.11						
		Door84	424.5		714.6		01878
74	0.26						
		Door85	413.5		707.7		00718
110	0.37						
		Door87	415.3		737.6		01607
139	0.43						
		Door88	422.5		694.7		01719
12	0.04						
		Door89	406.1		711.0		01721
68	0.22						
		Door90	403.9		706.3		02848
77	0.25						
		Door91	466.2		466.2		02867
1							
		Door92	417.8		698.3		02130
22	0.08						
		Door93	662.4		684.7		01799
2	0.09						

		Door94	405.5	718.1	01800
130		0.42			
		Door95	0.0	0.0	0
		Door96	0.0	0.0	0
		Door97	421.4	707.2	02003
41	0.14				
		Door98	432.3	675.0	02017
10	0.04				
		Door99	479.2	653.9	01966
3	0.02				
		Door100	420.0	669.0	01954
26	0.10				
		Door101	656.6	656.6	01966
1					
		Door102	539.8	692.2	01821
2	0.01				
		Door103	518.1	519.1	01910
1	0.93				
		Door104	411.3	637.3	02830
27	0.12				
		Door105	418.2	657.0	01879
11	0.05				
		Door106	413.1	697.7	01878
39	0.14				
		Door107	409.4	702.7	01878
25	0.09				
		Door108	0.0	0.0	0
		Door109	0.0	0.0	0
		Door110	0.0	0.0	0
		Door111	426.8	707.7	01944
15	0.05				
		Door112	0.0	0.0	0
		Door113	0.0	0.0	0
		Door114	0.0	0.0	0
		Door115	423.9	557.3	01936
3	0.02				
		Door116	0.0	0.0	0
		Door118	418.2	640.5	02043
3	0.01				
		Door119	534.2	562.2	02038
3	0.11				

		Door120	422.9	625.8	02036
3	0.01				
		Door121	426.0	663.8	02033
3	0.01				
		Door122	532.0	643.0	02030
3	0.03				
		Door123	453.9	629.7	02026
3	0.02				
		Door124	458.0	592.2	02024
3	0.02				
		Door125	431.0	576.2	02021
3	0.02				
		Door126	465.2	688.7	02015
3	0.01				
		Door128	420.7	624.5	02012
3	0.01				
		Door129	497.7	664.9	02008
3	0.02				
		Door130	518.1	653.0	02006
3	0.02				
		Door131	486.0	693.0	02003
3	0.01				
		Door132	440.7	682.7	02000
3	0.01				
		Door134	434.1	663.3	01996
4	0.02				
		Door136	429.1	667.1	02813
9	0.04				
		Stair18 door 1	416.5	739.3	01607
349	1.08				
		Stair18 door 2	420.7	744.7	01607
349	1.08				
		Stair19 door 1	408.6	739.3	01721
360	1.09				
		Stair19 door 2	405.3	734.2	01721
360	1.09				
		Stair23 door 1	419.1	823.0	02928
304	0.75				
		Stair23 door 2	422.9	835.3	02928
304	0.74				
		Door231	660.9	660.9	01383
1					

		Door232	0.0	0.0	0
		Stair25 door 1	419.8	817.8	01257
276		0.69			
		Stair25 door 2	424.5	827.5	01257
276		0.68			
		Door302	0.0	0.0	0
		Stair36 door 1	423.4	742.2	01623
190		0.60			
		Stair36 door 2	431.7	752.4	01623
190		0.59			
		Door314	404.9	730.5	01474
104		0.32			
		Door316	406.2	714.8	02707
197		0.64			
		Door126_1	422.7	673.1	02017
3	0.01				
		Door134_1	448.2	664.5	01995
3	0.01				
		Door138	471.2	471.2	crew
1					
		Door139	614.8	614.8	crew
1					
		Door140	458.2	458.2	crew
1					
		Door141	538.8	538.8	crew
1					
		Door142	403.3	403.3	crew
1					
		Door143	557.4	557.4	crew
1					
		Door145	409.8	656.7	crew
4	0.02				
		Door146	463.3	620.0	crew
3	0.02				
		Door152	422.2	747.3	01607
349		1.07			
		Door153	646.9	646.9	crew
1					
		Door155	631.7	631.7	crew
1					
		Door156	561.3	561.3	crew
1					

1		Door157	602.1	602.1	crew
1		Door158	547.9	547.9	crew
1		Door159	567.8	567.8	crew
1		Door161	701.4	701.4	crew
1		Door162	442.8	442.8	crew
1		Door163	572.2	572.2	crew
1		Door164	426.5	426.5	crew
1		Door165	492.7	492.7	crew
1		Door166	422.5	422.5	crew
1		Door167	461.9	461.9	crew
1		Door168	513.4	513.4	crew
1		Door169	430.9	430.9	crew
1		Door170	466.1	466.1	crew
		Door171	0.0	0.0	0
		Door172	0.0	0.0	0
		Door173	0.0	0.0	0
		Door176	0.0	0.0	0
8	0.03	Door177	453.8	711.8	crew
		Door179	0.0	0.0	0
		Door180	0.0	0.0	0
17	0.06	Door181	434.8	719.8	crew
17	0.06	Door182	437.8	723.3	crew
377		Door183	409.7	741.1	01721
		1.14			
377		Door184	409.6	740.9	01721
		1.14			

17	0.06	Door185	438.1		723.7	crew
		Door186	0.0	0.0		0
		Door187	0.0	0.0		0
		Door189	470.4		470.4	crew
1		Door190	0.0	0.0		0
		Door191	0.0	0.0		0
		Door192	0.0	0.0		0
		Door193	435.5		757.7	01623
190	0.59	Door194	0.0	0.0		0
		Door195	0.0	0.0		0
		Door197	436.7		760.3	01623
190	0.59	Door200	0.0	0.0		0
		Door201	0.0	0.0		0
		Door202	0.0	0.0		0
		Door203	0.0	0.0		0
		Door204	0.0	0.0		0
		Door205	0.0	0.0		0
		Door206	0.0	0.0		0
		Door207	0.0	0.0		0
		Door208	0.0	0.0		0
		Door209	0.0	0.0		0
		Door210	618.8		618.8	crew
1		Door211	0.0	0.0		0
		Door212	586.5		586.5	crew
1		Door213	0.0	0.0		0
		Door214	507.2		507.2	crew
1		Door215	0.0	0.0		0
		Door216	0.0	0.0		0
		Door217	0.0	0.0		0
		Door218	0.0	0.0		0
		Door219	0.0	0.0		0
		Door220	0.0	0.0		0
		Door221	0.0	0.0		0
		Door234	436.0		840.6	01257
276	0.68					

		Door236	432.4		850.6	02928
304		0.73				
		Door239	0.0	0.0		0
		Door241	426.8		514.3	crew
6	0.07					
		Door243	436.0		709.9	01653
16	0.06					
		Door245	422.1		747.1	01607
349		1.07				
		Door246	436.3		710.0	01653
16	0.06					
		Door247	0.0	0.0		0
		Door248	0.0	0.0		0
		Door249	0.0	0.0		0
		Door250	447.7		707.0	crew
8	0.03					
		Door252	0.0	0.0		0
		Door253	0.0	0.0		0
		Door254	0.0	0.0		0
		Door299	442.0		853.0	01278
466		1.13				
		Door300	440.3		780.1	01607
358		1.05				
		Door300_1	412.4		744.7	01721
399		1.20				
		Door299_1	436.0		856.4	02928
304		0.72				
		Stair37 door 1	0.0	0.0		0
		Stair37 door 2	0.0	0.0		0
		Stair41 door 1	0.0	0.0		0
		Stair41 door 2	0.0	0.0		0
		Stair42 door 1	451.3		668.0	02053
4	0.02					
		Stair42 door 2	446.6		663.2	02053
4	0.02					
		Stair43 door 1	591.0		691.9	02047
3	0.03					
		Stair43 door 2	586.3		689.7	02047
3	0.03					
		Door303	0.0	0.0		0
		Door304	0.0	0.0		0
		Door305	0.0	0.0		0

		Door306	0.0	0.0		0
		Door307	0.0	0.0		0
		Door308	443.0		659.8	02053
4	0.02					
		Door309	583.3		688.1	02047
3	0.03					
		Door310	0.0	0.0		0
		Door311	0.0	0.0		0
		Door312	0.0	0.0		0

Room Usage:

Room	First_In	Last_Out	Last_Out_Name	Total_Use
	(s)	(s)	(pers)	
kamar k2.1	0.0	679.6	01109	1
Room305	0.0	0.0		0
kamar k2.4	0.0	597.4	01112	1
kamar k2.9	0.0	630.5	01125	4
kamar k2.10	0.0	582.7	01128	4
kamar k2.11	0.0	650.7	01131	4
kamar k2.8	0.0	691.2	01120	4
kamar k2.7	0.0	693.9	01117	4
kamar k2.2	0.0	468.0	01110	1
kamar k2.3	0.0	466.8	01111	1
kamar k2.5	0.0	695.2	01113	1
kamar k2.6	0.0	586.2	01114	1
kamar k2.29	0.0	700.8	01607	4
kamar k2.27	0.0	678.9	01612	4
kamar k2.28	0.0	690.4	01610	4
kamar ABK	0.0	580.2	crew	2
kamar ABK	0.0	673.3	crew	2
kamar k2.26	0.0	534.6	01616	4
Room298	413.2	720.6	01623	63
kamar k2.25	0.0	700.3	01623	4
kamar k2.24	0.0	644.5	01627	4
Room251	0.0	0.0		0
Room249	0.0	0.0		0
Room245	0.0	0.0		0
Room243	0.0	0.0		0
Room239	0.0	682.4	01489	28
Room240	0.0	703.4	01475	22
Room241	0.0	705.7	01278	19

Room331	413.7		741.8		02909		102
Room317	0.0	0.0			0		
kamar k2.23	0.0	559.1			01628	4	
kamar k2.22	0.0	596.7			01633	4	
Room248	0.0	0.0			0		
kamar k2.30	0.0	675.0			01600	4	
kamar k2.31	0.0	681.7			01598	4	
Room266	0.0	0.0			0		
Room275	0.0	0.0			0		
Room276	0.0	0.0			0		
kamar ABK	0.0	649.0			crew	2	
kamar k2.32	0.0	692.2			01595	4	
Room277	0.0	0.0			0		
kamar k2.16	0.0	700.0			01571	4	
kamar k2.15	0.0	578.9			01566	4	
Room285	424.5		561.2		01046		7
kamar k2.17	0.0	676.5			01574	4	
kamar k2.21	0.0	653.6			01588	4	
kamar k2.18	0.0	674.7			01577	4	
kamar k2.20	0.0	545.6			01586	4	
kamar k2.19	0.0	697.2			01582	4	
kamar ABK	0.0	598.3			crew	5	
kamar ABK	0.0	662.5			crew	4	
Room280	0.0	0.0			0		
Room281	412.9		726.6		01607		234
Room282	436.5		626.7		crew		2
Room279	435.2		706.6		crew		18
Room283	404.6		722.6		01571		234
kamar sopir	0.0	715.8			01430	160	
kamar k2.13	0.0	691.8			01559	4	
kamar k2.14	0.0	675.5			01563	4	
Room278	436.0		667.8		crew		17
kamar ABK	0.0	650.3			crew	4	
kamar ABK	0.0	653.0			crew	2	
Kamar Tamu	0.0	622.4			crew	2	
kamar ABK	0.0	662.1			crew	2	
kamar ABK	0.0	699.0			crew	2	
kamar ABK	0.0	646.2			crew	2	
Room274	0.0	0.0			0		
Room300	403.1		719.7		01559		83
kamar k2.12	0.0	694.1			01137	4	
ruang tidur ekonomi	0.0	680.2			01264	19	

Room321	0.0	0.0		0	
Room313	0.0	0.0		0	
Room306	0.0	0.0		0	
Room232	0.0	0.0		0	
Room231	0.0	0.0		0	
Room292	0.0	0.0		0	
Room289	0.0	0.0		0	
Room294	0.0	0.0		0	
Room295	0.0	0.0		0	
Room288	0.0	0.0		0	
Room302	0.0	0.0		0	
Room322	0.0	0.0		0	
Room323	0.0	0.0		0	
Room326	0.0	0.0		0	
Room235	0.0	0.0		0	
Room237	0.0	0.0		0	
Room236	0.0	0.0		0	
Room327	0.0	0.0		0	
Room332	0.0	0.0		0	
Room336	0.0	0.0		0	
Room324	0.0	0.0		0	
Room334	0.0	0.0		0	
Room333	0.0	0.0		0	
Room337	0.0	0.0		0	
Room301	0.0	0.0		0	
Room291	0.0	0.0		0	
Room290	0.0	0.0		0	
Room309	0.0	0.0		0	
Room234	0.0	709.3		01259	26
toilet wanita	0.0	0.0		0	
Room287	0.0	0.0		0	
Room330	416.5		740.4	02918	65
Room316	0.0	0.0		0	
Room304	407.4		731.8	01623	109
Room312	0.0	702.2		02909	29
Room314	0.0	702.8		02928	30
Room315	411.4		720.9	02909	59
Room318	0.0	0.0		0	
Room319	0.0	0.0		0	
Room320	0.0	0.0		0	
Room329	0.0	0.0		0	
Room328	0.0	0.0		0	

Room335	0.0	0.0		0	
Room238	0.0	0.0		0	
Room310	0.0	700.3		02890	44
Room303	0.0	0.0		0	
Room247	0.0	0.0		0	
Room246	0.0	0.0		0	
Room242	0.0	0.0		0	
Room244	0.0	0.0		0	
Room340	422.9		752.9	02909	167
Room344	0.0	0.0		0	
Room345	0.0	0.0		0	
Stair26	429.1		758.3	02909	102
Stair27	432.9		757.9	02918	65
Stair29	0.0	0.0		0	
Stair30	414.7		733.5	01607	234
Stair35	415.7		740.4	01623	109
Kamar K24O	0.0	557.3		01936	3
Kamar VIP3O	0.0	629.9		01637	3
Kamar K23O	0.0	578.4		01941	3
Kamar K13O	0.0	699.8		01944	3
Kamar K13O_1	0.0	630.3		01947	3
Kamar K13O_4	0.0	659.4		01954	3
Kamar K13O_5	0.0	655.6		01957	3
Kamar K13O_6	0.0	539.4		01962	3
Kamar K13O_7	0.0	624.7		01965	3
Kamar K13O_8	0.0	652.0		01966	3
Kamar K13O_9	0.0	671.9		01971	3
Kamar K13O_10	0.0	625.4		01972	3
Kamar K13O_10_1	0.0	678.5		01976	3
Kamar K13O_10_2	0.0	652.6		01979	3
Kamar K13O_10_3	0.0	690.9		01983	3
Kamar K13O_10_4	0.0	702.7		01984	3
Kamar K13O_10_5	0.0	642.3		01988	3
Kamar K13O_10_5_1		0.0	631.4	02044	3
Kamar VIP3O_2	0.0	626.4		01641	3
Kamar VIP3O_3	0.0	574.0		01645	3
Kamar VIP3O_4	0.0	676.7		01650	3
Kamar Crew10O	0.0	685.8		03006	12
Bed Lesehan	0.0	697.7		01878	50
Kamar K13O_3	0.0	620.7		01952	3
Kamar K13O_2	0.0	690.7		01949	3
Gudang Panel	0.0	0.0		0	

Room39	0.0	0.0		0	
Room41	0.0	0.0		0	
Room42	0.0	0.0		0	
Room44	0.0	0.0		0	
Room45	0.0	0.0		0	
Room46	0.0	718.1	01800		134
Room47	0.0	706.3	02848		100
Room48	0.0	0.0		0	
Room49	0.0	0.0		0	
Room50	0.0	0.0		0	
Room51	0.0	711.0	01721		80
Kamar VIP_1	0.0	668.9	01654		3
Kamar VIP_1_1	0.0	531.4	01659		3
Kamar VIP_1_2	0.0	666.5	01660		3
Kamar VIP_1_3	0.0	665.2	01665		3
Bed Lesehan_1	0.0	702.7	01878		52
Kamar Kelas 2	0.0	667.1	02813		9
Kamar Kelas 2	0.0	664.5	01995		3
Kamar Kelas 1	0.0	663.3	01996		4
Kamar Kelas 1_1	0.0	682.7	02000		3
Kamar Kelas 1_2	0.0	693.0	02003		3
Kamar Kelas 1_3	0.0	653.0	02006		3
Kamar Kelas 1_4	0.0	664.9	02008		3
Kamar Kelas 1_5	0.0	624.5	02012		3
Kamar Kelas 1_6	0.0	688.7	02015		3
Kamar Kelas 1_7	0.0	673.1	02017		3
Kamar Kelas 1_8	0.0	576.2	02021		3
Kamar Kelas 1_9	0.0	592.2	02024		3
Kamar Kelas 1_10	0.0	629.7	02026		3
Kamar Kelas 1_11	0.0	643.0	02030		3
Kamar Kelas 1_12	0.0	663.8	02033		3
Kamar Kelas 1_16	0.0	0.0		0	
Kamar Kelas 1_15	0.0	640.5	02043		3
Kamar Kelas 1_14	0.0	562.2	02038		3
Kamar Kelas 1_13	0.0	625.8	02036		3
Kamar Bayi	0.0	0.0		0	
Kamar Crew 120	0.0	688.2	02986		12
Room119	0.0	0.0		0	
Room123	0.0	0.0		0	
Kamar VIP	0.0	698.6	01653		3
Room125	426.4		705.4	01653	16
Room129	0.0	0.0		0	

Room130	0.0	707.7	00718	110	
Kamar VIP3O_1	0.0	476.0	01644	3	
Stair17	428.7	708.8	01653	16	
Room144	404.9	823.0	02928	580	
Room149	413.5	737.6	01607	216	
Room150	422.5	703.9	01653	15	
Room151	406.1	717.2	01721	68	
Room152	415.3	739.3	01607	350	
Room153	403.9	734.2	01721	360	
Room156	0.0	0.0	0		
Room157	0.0	0.0	0		
Room159	0.0	0.0	0		
Room161	0.0	0.0	0		
Room162	518.1	519.1	01910	1	
Room163	426.8	791.9	01949	41	
Room164	0.0	0.0	0		
Stair18	416.5	744.7	01607	349	
Stair19	405.3	739.3	01721	360	
Stair23	419.1	835.3	02928	304	
Stair25	419.8	827.5	01257	276	
Room349	0.0	0.0	0		
Room154	420.0	742.2	01623	191	
Room461	0.0	0.0	0		
Room462	0.0	0.0	0		
Room463	0.0	0.0	0		
Room464	0.0	0.0	0		
Room155	409.2	729.3	01721	226	
Stair36	423.4	752.4	01623	190	
Room506	0.0	730.5	01474	301	
Kamar Crew_5	0.0	492.7	crew	1	
Kamar Crew_4	0.0	422.5	crew	1	
Kamar Crew_3	0.0	461.9	crew	1	
Kamar KKM	0.0	557.4	crew	1	
Kamar Masinis II	0.0	403.3	crew	1	
Kamar Masinis III	0.0	538.8	crew	1	
Kamar Nakhoda	0.0	471.2	crew	1	
Toilet Crew	447.7	711.8	crew	8	
Gudang Deck	0.0	0.0	0		
Gudang	0.0	0.0	0		
Ruang Makan	431.7	757.7	01623	190	
Dapur	0.0	0.0	0		
Kamar Crew_14	0.0	631.7	crew	1	

Kamar Crew_15	0.0	646.9	crew	1	
Kamar Crew_2	0.0	513.4	crew	1	
Kamar Crew_1	0.0	430.9	crew	1	
Kamar Crew	0.0	466.1	crew	1	
Room67	0.0	0.0		0	
Freezer 0.0	0.0			0	
Ruang Makan Crew	0.0	0.0		0	
Room62	0.0	0.0		0	
Kamar Crew_13	0.0	561.3	crew	1	
Kamar Crew_12	0.0	602.1	crew	1	
Kamar Crew_6	0.0	426.5	crew	1	
Kamar Crew_10	0.0	567.8	crew	1	
Kamar Crew_8	0.0	442.8	crew	1	
Kamar Crew_9	0.0	701.4	crew	1	
Kamar Crew_7	0.0	572.2	crew	1	
Kamar Crew_11	0.0	547.9	crew	1	
Kamar Mualim II	0.0	458.2	crew	1	
Kamar Mualim I	0.0	614.8	crew	1	
Kamar Crew_3	0.0	0.0		0	
Ruang Cuci Gudang	0.0	0.0		0	
Gudang	0.0	0.0		0	
Kamar Crew_7	0.0	618.8	crew	1	
Kamar Crew_8	0.0	0.0		0	
Kamar Crew_4	0.0	0.0		0	
Kamar Crew_5	0.0	0.0		0	
Kamar Crew_6	0.0	0.0		0	
Kamar Crew_1	0.0	0.0		0	
Kamar Crew_2	0.0	0.0		0	
Kamar Crew	0.0	0.0		0	
Kantor	0.0	0.0		0	
Room73	0.0	0.0		0	
Kamar Crew_10	0.0	0.0		0	
Kamar Crew_9	0.0	586.5	crew	1	
Kamar Crew_11	0.0	507.2	crew	1	
Room102	0.0	0.0		0	
Restoran	0.0	0.0		0	
Room110	434.0	709.9		01653	16
Room132	409.7	856.4		02928	703
Room135	426.8	719.8		crew	17
Room136	434.8	723.3		crew	17
Room137	0.0	0.0		0	
Room138	435.5	760.3		01623	190

Room165	436.0		710.0	01653	16
Room166	422.1		747.3	01607	349
Room167	420.7		747.1	01607	349
Room168	0.0	0.0		0	
Room169	408.6		740.9	01721	377
Room170	409.6		741.1	01721	377
Room171	437.8		723.7	crew	17
Room134	403.3		707.0	crew	22
Room172	0.0	0.0		0	
Room173	422.9		850.6	02928	580
Room133	409.8		853.0	01278	824
Stair37	0.0	0.0		0	
Stair41	0.0	0.0		0	
Stair42	446.6		668.0	02053	4
Stair43	586.3		691.9	02047	3
Room468	0.0	688.1		02047	7
Room472	0.0	0.0		0	
Room476	0.0	0.0		0	
Room477	0.0	0.0		0	
Room475	0.0	0.0		0	
Room473	0.0	0.0		0	
Room474	0.0	0.0		0	
Room480	0.0	0.0		0	
Room478	0.0	0.0		0	
Room479	0.0	0.0		0	
Room487	0.0	0.0		0	
Room469	0.0	0.0		0	
Room470	0.0	0.0		0	
Room467	0.0	0.0		0	
Room483	0.0	0.0		0	
Room482	443.0		689.7	02047	7

Lampiran B

Model record Kasus Siang

Simulation: Running Siang 1

Version: 2019.3.1217

Mode: Steering (Flow-limited)

Total Occupants: 1527

Completion Times for All Occupants (s):

Min: 12.4 "02151"

Max: 455.2 "02496"

Average: 221.9

StdDev: 103.3

Completion Times by Behavior (s):

Behavior	Count	Min	Min_Name	Max	Max_Name	Avg	StdDev
behavior	1527	12.4	"02151"	455.2	"02496"	221.9	103.3
all behaviors	1527	12.4	"02151"	455.2	"02496"	221.9	103.3

Completion Times by Profile (s):

Profile	Count	Min	Min_Name	Max	Max_Name	Avg	StdDev
Crew Male	61	40.3	"crew"	380.0	"crew"	206.4	93.3
Females 30-50 yo	306	42.7	"01851"	452.1	"01314"	220.4	105.4
Females < 30yo	175	36.0	"02681"	455.2	"02496"	220.6	102.7
Male 30-50 yo	456	16.7	"01858"	453.8	"02928"	225.1	105.1
Male < 30 yo	277	34.9	"02041"	441.1	"01475"	218.8	99.5
Male < 50 yo	178	12.4	"02151"	448.2	"01299"	224.2	97.4
females > 50 yo	74	33.8	"02882"	449.6	"02507"	230.4	116.7
all profiles	1527	12.4	"02151"	455.2	"02496"	221.9	103.3

Travel Distances for All Occupants (m):

Min: 12.6 "01866"
 Max: 178.7 "02921"
 Average: 56.9
 StdDev: 25.5

Movement Distance by Behavior (m):

Behavior	Count	Min	Min_Name	Max	Max_Name	Avg	StdDev
behavior	1527	12.6	"01866"	178.7	"02921"	56.9	25.5
all behaviors	1527	12.6	"01866"	178.7	"02921"	56.9	25.5

Movement Distance by Profile (m):

Profile	Count	Min	Min_Name	Max	Max_Name	Avg	StdDev
Crew Male	61	18.9	"crew"	70.1	"crew"	47.2	15.4
Females 30-50 yo	306	12.6	"01866"	136.0	"02916"	55.7	23.9
Females < 30yo	175	17.0	"02158"	146.8	"02942"	57.2	24.8
Male 30-50 yo	456	14.6	"01853"	161.2	"02943"	58.5	27.0
Male < 30 yo	277	16.1	"01873"	178.7	"02921"	58.3	27.0
Male < 50 yo	178	12.7	"02151"	141.4	"02909"	55.2	24.1
females > 50 yo	74	16.9	"02144"	124.8	"02946"	57.7	26.3
all profiles	1527	12.6	"01866"	178.7	"02921"	56.9	25.5

[Components] All: 628

[Components] Doors: 317

Triangles: 4226

Startup Time: 0.4s

CPU Time: 68.3s

Door Flow Rates:

Last_Out_Name	Door	First_In	Last_Out
	Total_Use	Flow_Avg	

19	0.07	Door287	16.5	280.2	01264
		Door287_1	0.0	0.0	0
25	0.09	Door292	21.1	309.3	01259
25	0.09	Door288	19.7	313.2	02918
65	0.21	Door294_1	25.1	340.4	02918
	29	Door293_1_1_1_1_1_1_1_1	11.4	302.2	02909
0		Door293_1_1_1_1_1_1_1_1	0.0	0.0	
		Door290	0.0	0.0	0
01113	1	Door256_1_1_1_1_1	295.2	295.2	
01112	1	Door256_1_1_1_1_1_1_1_1	197.4	197.4	
	5	Door293_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1	70.3	287.0	01109
01559	37	Door293_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1	19.9	319.7	
		Door295	0.0	0.0	0
0		Door293_1_1_1_1_1_1_1_1	0.0	0.0	
0		Door293_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1	0.0	0.0	
	0	Door293_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1	0.0	0.0	
		Door296	0.0	0.0	0
102	0.32	Door297	23.8	341.8	02909
01595	4	Door257_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1	29.1	292.2	
01598	4	Door257_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1	91.5	281.7	
	01600	Door257_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1	160.5	275.0	
	4	Door257_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1_1	51.0	300.3	01623
	4	Door298	0.0	0.0	0

		Door284_1_1_1_1_1	7.4	300.3	02890
40	0.14				
		Door284_1_1_1_1_1	15.7	296.4	02891
4	0.01				
		Stair26 door 1	30.2	352.9	02909
102	0.32				
		Stair26 door 2	34.5	358.2	02909
102	0.32				
		Stair27 door 1	31.9	351.6	02918
65	0.20				
		Stair27 door 2	35.7	357.9	02918
65	0.20				
		Stair29 door 1	0.0	0.0	0
		Stair29 door 2	0.0	0.0	0
		Stair30 door 1	14.7	326.8	01607
236	0.76				
		Stair30 door 2	19.4	333.8	01607
236	0.75				
		Door256_1_1_1	279.6	279.6	
01109	1				
		Door301	29.2	320.6	01623
21	0.07				
		Stair35 door 1	15.7	331.8	01623
107	0.34				
		Stair35 door 2	23.2	340.4	01623
107	0.34				
		Door03	60.1	276.7	01650
3	0.01				
		Door04	118.1	174.0	01645
3	0.05				
		Door05	44.1	226.4	01641
3	0.02				
		Door06	23.5	76.0	01644 3
0.06					
		Door07	18.3	229.9	01637
3	0.01				
		Door08	23.7	231.4	02044
3	0.01				
		Door09	41.6	242.3	01988
3	0.01				
		Door10	137.7	302.7	01984
3	0.02				

			Door11	29.1	290.9		01983
3	0.01		Door12	30.9	252.6		01979
3	0.01		Door13	80.1	278.5		01976
3	0.02		Door14	28.7	225.4		01972
3	0.02		Door15	30.7	271.9		01971
3	0.01		Door16	77.5	252.0		01966
3	0.02		Door17	18.5	224.7		01965
3	0.01		Door18	80.5	139.4		01962
3	0.05		Door19	182.2	255.6		01957
	3	0.04	Door20	63.9	259.4		01954
3	0.02		Door21	48.5	220.7		01952
3	0.02		Door22	28.2	290.7		01949
3	0.01		Door23	75.1	230.3		01947
3	0.02		Door24	102.4	299.8		01944
	3	0.02	Door25	77.3	178.4		01941
3	0.03		Door27	47.9	288.8		02986
12	0.05		Door28	45.1	285.8		03006
12	0.05		Door47	224.2	265.2		01665
	3	0.07	Door48	27.8	266.5		01660
3	0.01		Door49	9.2	131.4		01659
3	0.02		Door50	217.4	268.9		01654
	3	0.06					

			Door51	209.2	298.6	01653
	3	0.03	Door54	0.0	0.0	0
			Door55	0.0	0.0	0
			Door56	0.0	0.0	0
			Door66	0.0	0.0	0
			Door67	26.4	303.9	01653
15	0.05		Stair17 door 1	34.0	308.8	01653
18	0.07		Stair17 door 2	28.7	305.4	01653
18	0.07		Door74	212.3	301.2	01653
	3	0.03	Door75	0.0	0.0	0
			Door76	11.3	317.2	01721
68	0.22		Door77	31.4	304.1	01984
33	0.12		Door78	20.1	329.3	01721
98	0.32		Door81	29.7	413.3	01944
39	0.10		Door84	24.5	314.6	01878
75	0.26		Door85	13.5	307.7	00718
110	0.37		Door87	15.3	336.4	crew
133	0.41		Door88	22.5	294.7	01719
12	0.04		Door89	6.1	311.0	01721
68	0.22		Door90	3.9	306.4	02848
79	0.26		Door91	111.2	111.2	02876
	1		Door92	17.2	298.3	02130
20	0.07		Door93	211.7	284.7	01799
	3	0.04				

128	0.41		Door94	5.5	318.1		01800
			Door95	0.0	0.0		0
			Door96	0.0	0.0		0
			Door97	21.4	307.2		02003
42	0.15						
			Door98	32.3	275.0		02017
9	0.04						
			Door99	79.2	253.9		01966
3	0.02						
			Door100	20.0	269.0		01954
26	0.10						
			Door101	256.6	256.6		01966
	1						
			Door102	139.8	292.2		01821
	2	0.01					
			Door103	118.1	119.1		01910
	1	0.93					
			Door104	11.3	237.9		02830
27	0.12						
			Door105	18.2	257.0		01879
11	0.05						
			Door106	13.1	297.7		01878
39	0.14						
			Door107	9.4	302.7		01878
25	0.09						
			Door108	0.0	0.0		0
			Door109	0.0	0.0		0
			Door110	0.0	0.0		0
			Door111	26.8	307.7		01944
15	0.05						
			Door112	0.0	0.0		0
			Door113	0.0	0.0		0
			Door114	0.0	0.0		0
			Door115	23.9	157.3		01936
3	0.02						
			Door116	0.0	0.0		0
			Door118	18.2	240.6		02043
3	0.01						
			Door119	134.2	162.2		02038
	3	0.11					

			Door120	22.9	225.8	02036
3	0.01		Door121	26.0	263.8	02033
3	0.01		Door122	132.0	243.0	02030
	3	0.03	Door123	53.9	229.7	02026
3	0.02		Door124	58.0	192.2	02024
3	0.02		Door125	31.0	176.2	02021
3	0.02		Door126	65.2	288.7	02015
3	0.01		Door128	20.7	224.5	02012
3	0.01		Door129	97.7	264.9	02008
3	0.02		Door130	118.1	253.0	02006
	3	0.02	Door131	86.0	293.0	02003
3	0.01		Door132	40.7	282.7	02000
3	0.01		Door134	34.1	263.3	01996
4	0.02		Door136	29.1	267.1	02813
10	0.04		Stair18 door 1	16.5	338.3	crew
349	1.08		Stair18 door 2	20.7	344.0	crew
349	1.08		Stair19 door 1	8.6	339.3	01721
360	1.09		Stair19 door 2	5.3	334.2	01721
360	1.09		Stair23 door 1	19.1	420.5	01299
302	0.75		Stair23 door 2	22.9	430.7	01314
302	0.74		Door231	255.0	276.6	01094
	3	0.14				

		Door232	0.0	0.0		0
278	0.70	Stair25 door 1	19.8	415.9		01944
278	0.69	Stair25 door 2	24.5	426.9		01944
		Door302	0.0	0.0		0
188	0.59	Stair36 door 1	23.4	342.2		01623
188	0.59	Stair36 door 2	31.7	352.4		01623
104	0.32	Door314	4.9	334.9		01474
197	0.64	Door316	6.2	313.3		02707
3	0.01	Door126_1	22.7	273.1		02017
4	0.02	Door134_1	48.2	264.5		01995
		Door138	71.2	71.2	crew	1
	1	Door139	214.8		214.8	crew
		Door140	58.2	58.2	crew	1
	1	Door141	138.8		138.8	crew
		Door142	3.3	3.3	crew	1
	1	Door143	157.4		157.4	crew
4	0.02	Door145	9.8	256.7		crew
3	0.02	Door146	63.3	220.0		crew
349	1.08	Door152	22.2	346.3		crew
	1	Door153	246.9		246.9	crew
	1	Door155	231.7		231.7	crew
	1	Door156	161.3		161.3	crew
	1	Door157	202.1		202.1	crew
	1					

		Door158	147.9	147.9	crew	
	1					
		Door159	167.8	167.8	crew	
	1					
		Door161	301.4	301.4	crew	
	1					
		Door162	42.8	42.8	crew	1
		Door163	172.2	172.2		crew
	1					
		Door164	26.5	26.5	crew	1
		Door165	92.7	92.7	crew	1
		Door166	22.5	22.5	crew	1
		Door167	61.9	61.9	crew	1
		Door168	113.4	113.4		crew
	1					
		Door169	30.9	30.9	crew	1
		Door170	66.1	66.1	crew	1
		Door171	0.0	0.0		0
		Door172	0.0	0.0		0
		Door173	0.0	0.0		0
		Door176	0.0	0.0		0
		Door177	53.8	311.8		crew
8	0.03					
		Door179	0.0	0.0		0
		Door180	0.0	0.0		0
		Door181	34.8	319.8		crew
17	0.06					
		Door182	38.0	323.5		crew
17	0.06					
		Door183	9.7	341.1		01721
377	1.14					
		Door184	9.6	340.9		01721
377	1.14					
		Door185	38.1	323.8		crew
17	0.06					
		Door186	0.0	0.0		0
		Door187	0.0	0.0		0
		Door189	70.4	70.4	crew	1
		Door190	0.0	0.0		0
		Door191	0.0	0.0		0
		Door192	0.0	0.0		0

188	0.58	Door193	35.5	357.7	01623
		Door194	0.0	0.0	0
		Door195	0.0	0.0	0
188	0.58	Door197	36.7	360.3	01623
		Door200	0.0	0.0	0
		Door201	0.0	0.0	0
		Door202	0.0	0.0	0
		Door203	0.0	0.0	0
		Door204	0.0	0.0	0
		Door205	0.0	0.0	0
		Door206	0.0	0.0	0
		Door207	0.0	0.0	0
		Door208	0.0	0.0	0
		Door209	0.0	0.0	0
		Door210	218.8	218.8	crew
	1	Door211	0.0	0.0	0
		Door212	186.5	186.5	crew
	1	Door213	0.0	0.0	0
		Door214	107.2	107.2	crew
	1	Door215	0.0	0.0	0
		Door216	0.0	0.0	0
		Door217	0.0	0.0	0
		Door218	0.0	0.0	0
		Door219	0.0	0.0	0
		Door220	0.0	0.0	0
		Door221	0.0	0.0	0
		Door234	36.0	441.9	02496
278	0.68	Door236	32.4	446.2	01314
302	0.73	Door239	0.0	0.0	0
		Door241	26.8	114.3	crew
6	0.07	Door243	36.0	309.9	01653
18	0.07	Door245	22.1	346.1	crew
349	1.08				

18	0.07	Door246	36.3	310.0	01653
		Door247	0.0	0.0	0
		Door248	0.0	0.0	0
		Door249	0.0	0.0	0
8	0.03	Door250	47.7	307.0	crew
		Door252	0.0	0.0	0
		Door253	0.0	0.0	0
		Door254	0.0	0.0	0
466	1.13	Door299	42.0	455.2	02496
358	1.05	Door300	40.3	380.0	crew
401	1.21	Door300_1	12.4	344.7	01721
302	0.73	Door299_1	36.0	452.1	01314
		Stair37 door 1	0.0	0.0	0
		Stair37 door 2	0.0	0.0	0
		Stair41 door 1	0.0	0.0	0
		Stair41 door 2	0.0	0.0	0
4	0.02	Stair42 door 1	51.4	268.1	02053
4	0.02	Stair42 door 2	46.6	263.2	02053
		Stair43 door 1	191.0	291.9	02047
3	0.03	Stair43 door 2	186.3	289.7	02047
		Door303	0.0	0.0	0
		Door304	0.0	0.0	0
		Door305	0.0	0.0	0
		Door306	0.0	0.0	0
		Door307	0.0	0.0	0
4	0.02	Door308	43.0	259.8	02053
		Door309	183.3	288.1	02047
		Door310	0.0	0.0	0
		Door311	0.0	0.0	0
		Door312	0.0	0.0	0

Room Usage:

Room	First_In	Last_Out	Last_Out_Name	Total_Use
	(s)	(s)	(pers)	
kamar k2.1	0.0	279.6	01109	1
Room305	0.0	0.0	0	
kamar k2.4	0.0	197.4	01112	1
kamar k2.9	0.0	230.5	01125	4
kamar k2.10	0.0	182.7	01128	4
kamar k2.11	0.0	250.7	01131	4
kamar k2.8	0.0	291.2	01120	4
kamar k2.7	0.0	293.9	01117	4
kamar k2.2	0.0	68.0	01110	1
kamar k2.3	0.0	66.8	01111	1
kamar k2.5	0.0	295.2	01113	1
kamar k2.6	0.0	186.2	01114	1
kamar k2.29	0.0	300.8	01607	4
kamar k2.27	0.0	278.9	01612	4
kamar k2.28	0.0	290.4	01610	4
kamar ABK	0.0	180.2	crew	2
kamar ABK	0.0	273.3	crew	2
kamar k2.26	0.0	134.6	01616	4
Room298	13.2	320.6	01623	61
kamar k2.25	0.0	300.3	01623	4
kamar k2.24	0.0	244.5	01627	4
Room251	0.0	0.0	0	
Room249	0.0	0.0	0	
Room245	0.0	0.0	0	
Room243	0.0	0.0	0	
Room239	0.0	282.4	01489	28
Room240	0.0	303.4	01475	22
Room241	0.0	305.7	01278	19
Room331	13.7	341.8	02909	102
Room317	0.0	0.0	0	
kamar k2.23	0.0	159.1	01628	4
kamar k2.22	0.0	196.7	01633	4
Room248	0.0	0.0	0	
kamar k2.30	0.0	275.0	01600	4
kamar k2.31	0.0	281.7	01598	4
Room266	0.0	0.0	0	
Room275	0.0	0.0	0	

Room276	0.0	0.0	0	
kamar ABK	0.0	249.0	crew	2
kamar k2.32	0.0	292.2	01595	4
Room277	0.0	0.0	0	
kamar k2.16	0.0	300.0	01571	4
kamar k2.15	0.0	178.9	01566	4
Room285	24.5	161.3	01046	5
kamar k2.17	0.0	276.5	01574	4
kamar k2.21	0.0	253.6	01588	4
kamar k2.18	0.0	274.7	01577	4
kamar k2.20	0.0	145.6	01586	4
kamar k2.19	0.0	297.2	01582	4
kamar ABK	0.0	198.3	crew	5
kamar ABK	0.0	262.5	crew	4
Room280	0.0	0.0	0	
Room281	12.9	326.8	01607	236
Room282	36.5	226.7	crew	2
Room279	35.2	306.6	crew	18
Room283	4.6	322.9	01571	236
kamar sopir	0.0	315.8	01430	160
kamar k2.13	0.0	291.8	01559	4
kamar k2.14	0.0	275.5	01563	4
Room278	36.0	267.8	crew	17
kamar ABK	0.0	250.3	crew	4
kamar ABK	0.0	253.0	crew	2
Kamar Tamu	0.0	222.4	crew	2
kamar ABK	0.0	262.1	crew	2
kamar ABK	0.0	299.0	crew	2
kamar ABK	0.0	246.2	crew	2
Room274	0.0	0.0	0	
Room300	3.1	319.7	01559	83
kamar k2.12	0.0	294.1	01137	4
ruang tidur ekonomi	0.0	280.2	01264	19
Room321	0.0	0.0	0	
Room313	0.0	0.0	0	
Room306	0.0	0.0	0	
Room232	0.0	0.0	0	
Room231	0.0	0.0	0	
Room292	0.0	0.0	0	
Room289	0.0	0.0	0	
Room294	0.0	0.0	0	
Room295	0.0	0.0	0	

Room288	0.0	0.0		0
Room302	0.0	0.0		0
Room322	0.0	0.0		0
Room323	0.0	0.0		0
Room326	0.0	0.0		0
Room235	0.0	0.0		0
Room237	0.0	0.0		0
Room236	0.0	0.0		0
Room327	0.0	0.0		0
Room332	0.0	0.0		0
Room336	0.0	0.0		0
Room324	0.0	0.0		0
Room334	0.0	0.0		0
Room333	0.0	0.0		0
Room337	0.0	0.0		0
Room301	0.0	0.0		0
Room291	0.0	0.0		0
Room290	0.0	0.0		0
Room309	0.0	0.0		0
Room234	0.0	309.3	01259	25
toilet wanita	0.0	0.0		0
Room287	0.0	0.0		0
Room330	16.5	340.4	02918	65
Room316	0.0	0.0		0
Room304	7.4	331.8	01623	107
Room312	0.0	302.2	02909	29
Room314	0.0	302.8	02928	30
Room315	11.4	320.9	02909	59
Room318	0.0	0.0		0
Room319	0.0	0.0		0
Room320	0.0	0.0		0
Room329	0.0	0.0		0
Room328	0.0	0.0		0
Room335	0.0	0.0		0
Room238	0.0	0.0		0
Room310	0.0	300.3	02890	44
Room303	0.0	0.0		0
Room247	0.0	0.0		0
Room246	0.0	0.0		0
Room242	0.0	0.0		0
Room244	0.0	0.0		0
Room340	23.8	352.9	02909	167

Room344	0.0	0.0		0		
Room345	0.0	0.0		0		
Stair26	30.2	358.2		02909	102	
Stair27	31.9	357.9		02918	65	
Stair29	0.0	0.0		0		
Stair30	14.7	333.8		01607	236	
Stair35	15.7	340.4		01623	107	
Kamar K24O	0.0	157.3		01936	3	
Kamar VIP3O	0.0	229.9		01637	3	
Kamar K23O	0.0	178.4		01941	3	
Kamar K13O	0.0	299.8		01944	3	
Kamar K13O_1	0.0	230.3		01947	3	
Kamar K13O_4	0.0	259.4		01954	3	
Kamar K13O_5	0.0	255.6		01957	3	
Kamar K13O_6	0.0	139.4		01962	3	
Kamar K13O_7	0.0	224.7		01965	3	
Kamar K13O_8	0.0	252.0		01966	3	
Kamar K13O_9	0.0	271.9		01971	3	
Kamar K13O_10	0.0	225.4		01972	3	
Kamar K13O_10_1	0.0	278.5		01976	3	
Kamar K13O_10_2	0.0	252.6		01979	3	
Kamar K13O_10_3	0.0	290.9		01983	3	
Kamar K13O_10_4	0.0	302.7		01984	3	
Kamar K13O_10_5	0.0	242.3		01988	3	
Kamar K13O_10_5_1		0.0	231.4		02044	3
Kamar VIP3O_2	0.0	226.4		01641	3	
Kamar VIP3O_3	0.0	174.0		01645	3	
Kamar VIP3O_4	0.0	276.7		01650	3	
Kamar Crew10O	0.0	285.8		03006	12	
Bed Lesehan	0.0	297.7		01878	50	
Kamar K13O_3	0.0	220.7		01952	3	
Kamar K13O_2	0.0	290.7		01949	3	
Gudang Panel	0.0	0.0			0	
Room39	0.0	0.0			0	
Room41	0.0	0.0			0	
Room42	0.0	0.0			0	
Room44	0.0	0.0			0	
Room45	0.0	0.0			0	
Room46	0.0	318.1		01800	133	
Room47	0.0	306.4		02848	100	
Room48	0.0	0.0			0	
Room49	0.0	0.0			0	

Room50	0.0	0.0		0	
Room51	0.0	311.0		01721	80
Kamar VIP_1	0.0	268.9		01654	3
Kamar VIP_1_1	0.0	131.4		01659	3
Kamar VIP_1_2	0.0	266.5		01660	3
Kamar VIP_1_3	0.0	265.2		01665	3
Bed Lesehan_1	0.0	302.7		01878	52
Kamar Kelas 2	0.0	267.1		02813	10
Kamar Kelas 2	0.0	264.5		01995	4
Kamar Kelas 1	0.0	263.3		01996	4
Kamar Kelas 1_1	0.0	282.7		02000	3
Kamar Kelas 1_2	0.0	293.0		02003	3
Kamar Kelas 1_3	0.0	253.0		02006	3
Kamar Kelas 1_4	0.0	264.9		02008	3
Kamar Kelas 1_5	0.0	224.5		02012	3
Kamar Kelas 1_6	0.0	288.7		02015	3
Kamar Kelas 1_7	0.0	273.1		02017	3
Kamar Kelas 1_8	0.0	176.2		02021	3
Kamar Kelas 1_9	0.0	192.2		02024	3
Kamar Kelas 1_10	0.0	229.7		02026	3
Kamar Kelas 1_11	0.0	243.0		02030	3
Kamar Kelas 1_12	0.0	263.8		02033	3
Kamar Kelas 1_16	0.0	0.0			0
Kamar Kelas 1_15	0.0	240.6		02043	3
Kamar Kelas 1_14	0.0	162.2		02038	3
Kamar Kelas 1_13	0.0	225.8		02036	3
Kamar Bayi	0.0	0.0			0
Kamar Crew 12O	0.0	288.8		02986	12
Room119	0.0	0.0			0
Room123	0.0	0.0			0
Kamar VIP	0.0	298.6		01653	3
Room125	26.4	305.4		01653	18
Room129	0.0	0.0			0
Room130	0.0	307.7		00718	110
Kamar VIP3O_1	0.0	76.0	01644		3
Stair17	28.7	308.8	01653		18
Room144	4.9	420.5		01299	580
Room149	13.5	336.4		crew	211
Room150	22.5	303.9		01653	15
Room151	6.1	317.2		01721	68
Room152	15.3	338.3		crew	351
Room153	3.9	334.2		01721	360

Room156	0.0	0.0		0	
Room157	0.0	0.0		0	
Room159	0.0	0.0		0	
Room161	0.0	0.0		0	
Room162	118.1		119.1	01910	1
Room163	26.8	413.3		01944	39
Room164	0.0	0.0		0	
Stair18	16.5	344.0		crew	349
Stair19	5.3	339.3		01721	360
Stair23	19.1	430.7		01314	302
Stair25	19.8	426.9		01944	278
Room349	0.0	0.0		0	
Room154	20.0	342.2		01623	189
Room461	0.0	0.0		0	
Room462	0.0	0.0		0	
Room463	0.0	0.0		0	
Room464	0.0	0.0		0	
Room155	9.2	329.3		01721	227
Stair36	23.4	352.4		01623	188
Room506	0.0	334.9		01474	301
Kamar Crew_5	0.0	92.7		crew	1
Kamar Crew_4	0.0	22.5		crew	1
Kamar Crew_3	0.0	61.9		crew	1
Kamar KKM	0.0	157.4		crew	1
Kamar Masinis II	0.0	3.3		crew	1
Kamar Masinis III	0.0	138.8		crew	1
Kamar Nakhoda	0.0	71.2		crew	1
Toilet Crew	47.7	311.8		crew	8
Gudang Deck	0.0	0.0		0	
Gudang	0.0	0.0		0	
Ruang Makan	31.7	357.7		01623	188
Dapur	0.0	0.0		0	
Kamar Crew_14	0.0	231.7		crew	1
Kamar Crew_15	0.0	246.9		crew	1
Kamar Crew_2	0.0	113.4		crew	1
Kamar Crew_1	0.0	30.9		crew	1
Kamar Crew	0.0	66.1		crew	1
Room67	0.0	0.0		0	
Freezer	0.0	0.0		0	
Ruang Makan Crew	0.0	0.0		0	
Room62	0.0	0.0		0	
Kamar Crew_13	0.0	161.3		crew	1

Kamar Crew_12	0.0	202.1		crew	1
Kamar Crew_6	0.0	26.5	crew	1	
Kamar Crew_10	0.0	167.8		crew	1
Kamar Crew_8	0.0	42.8	crew	1	
Kamar Crew_9	0.0	301.4		crew	1
Kamar Crew_7	0.0	172.2		crew	1
Kamar Crew_11	0.0	147.9		crew	1
Kamar Mualim II	0.0	58.2	crew	1	
Kamar Mualim I	0.0	214.8		crew	1
Kamar Crew_3	0.0	0.0		0	
Ruang Cuci Gudang	0.0	0.0		0	
Gudang	0.0	0.0		0	
Kamar Crew_7	0.0	218.8		crew	1
Kamar Crew_8	0.0	0.0		0	
Kamar Crew_4	0.0	0.0		0	
Kamar Crew_5	0.0	0.0		0	
Kamar Crew_6	0.0	0.0		0	
Kamar Crew_1	0.0	0.0		0	
Kamar Crew_2	0.0	0.0		0	
Kamar Crew	0.0	0.0		0	
Kantor	0.0	0.0		0	
Room73	0.0	0.0		0	
Kamar Crew_10	0.0	0.0		0	
Kamar Crew_9	0.0	186.5		crew	1
Kamar Crew_11	0.0	107.2		crew	1
Room102	0.0	0.0		0	
Restoran	0.0	0.0		0	
Room110	34.0	309.9	01653		18
Room132	9.7	452.1	01314		703
Room135	26.8	319.8	crew		17
Room136	34.8	323.5	crew		17
Room137	0.0	0.0		0	
Room138	35.5	360.3	01623		188
Room165	36.0	310.0	01653		18
Room166	22.1	346.3	crew		349
Room167	20.7	346.1	crew		349
Room168	0.0	0.0		0	
Room169	8.6	340.9	01721		377
Room170	9.6	341.1	01721		377
Room171	38.0	323.8	crew		17
Room134	3.3	307.0	crew		22
Room172	0.0	0.0		0	

Room173	22.9	446.2	01314	580
Room133	9.8	455.2	02496	824
Stair37	0.0	0.0	0	
Stair41	0.0	0.0	0	
Stair42	46.6	268.1	02053	4
Stair43	186.3	291.9	02047	3
Room468	0.0	288.1	02047	7
Room472	0.0	0.0	0	
Room476	0.0	0.0	0	
Room477	0.0	0.0	0	
Room475	0.0	0.0	0	
Room473	0.0	0.0	0	
Room474	0.0	0.0	0	
Room480	0.0	0.0	0	
Room478	0.0	0.0	0	
Room479	0.0	0.0	0	
Room487	0.0	0.0	0	
Room469	0.0	0.0	0	
Room470	0.0	0.0	0	
Room467	0.0	0.0	0	
Room483	0.0	0.0	0	
Room482	43.0	289.7	02047	7

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Magelang, 28 Februari 1995 yang merupakan anak pertama dari pasangan Trimono dan Tintin Retno Suyeti. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Negeri 1 Muntilan (2001-2007), SMPN 2 Muntilan (2007-2010), MAN Yogyakarta 3 (2010-2013). Setelah lulus pendidikan tingkat menengah pada tahun 2013. Penulis melanjutkan studi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) melalui jalur SBMPTN pada tahun 2013 di Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan dengan NRP. 0421134000063. Di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, penulis mengambil bidang Marine Operation and Maintenance (MOM). Selama masa perkuliahan, penulis mengikuti berbagai organisasi kemahasiswaan dalam kampus. Sebagai staf Badan Pelaksana Mentoring JMMI ITS 2014-2015. Sebagai Ketua TIM KAWAL PKM 2015-2016. Sebagai Ketua Paguyuban Penerima Beasiswa KSE ITS 2016-2017.

Pada tahun 2015, penulis mengikuti kerja praktek pertama di PT. DOK PERKAPALAN Surabaya dan pada tahun 2017, penulis mengikuti kerja praktek kedua di PT. ANTAKUSUMA INTI RAHARJA Surabaya. Penulis menyelesaikan studi strata S1 dalam waktu empat belas semester. Apabila pembaca ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai tugas akhir serta ingin memberikan kritik dan saran, penulis dapat dihubungi melalui email di bawah ini.

Manas Zulfikar
Zulfikar.manas@gmail.com