

**SKRIPSI**

**EVALUASI JALUR EVAKUASI PADA KAPAL FERRY-RORO  
200 GT**

**Disusun dan diajukan oleh :**

**AIRLANGGA ARIFNUR**

**D031191047**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK PERKAPALAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2023**



Optimized using  
trial version  
[www.balesio.com](http://www.balesio.com)

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI****EVALUASI JALUR EVAKUASI PADA KAPAL FERRY-RORO  
200 GT**

Disusun dan diajukan oleh:

**AIRLANGGA ARIFNUR**

**D031191047**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada tanggal 26 September 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

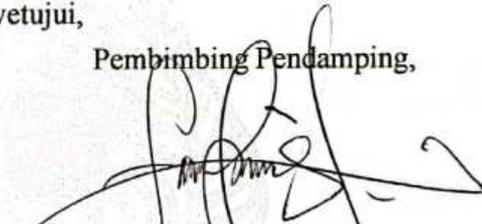
Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Wahyuddin, ST., MT.

NIP. 19720205 199903 1 002



Fadhil Rizki Clausthaldi, S.T., B.Eng, M.Sc.

NIP. 19940614 202204 3 001

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT.

NIP. 19730206 200012 1 002



## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;  
Nama : Airlangga ArifNur  
NIM : D031191047  
Program Studi : Teknik Perkapalan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

### **EVALUASI JALUR EVAKUASI PADA KAPAL FERRY-RORO 200 GT**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, November 2023

Yang Menyatakan



Airlangga ArifNur



Optimized using  
trial version  
[www.balesio.com](http://www.balesio.com)

## ABSTRAK

**AIRLANGGA ARIFNUR.** *EVALUASI JALUR EVAKUASI PADA KAPAL FERRY-RORO 200 GT* (dibimbing oleh Wahyuddin dan Fadhil Rizki Clausthaldi)

Seiring dengan perkembangan teknologi, kapal ferry Ro-Ro telah dilengkapi dengan berbagai fasilitas dan fitur yang memudahkan transportasi. Namun, banyaknya jumlah penumpang yang diangkut di kapal ferry Ro-Ro dan kompleksitas struktur kapal menjadi faktor utama mempengaruhi keselamatan di atas kapal. Dalam sebuah kapal penumpang setidaknya terdapat dua jalur evakuasi yaitu jalur melarikan diri bagi penumpang saat evakuasi terjadi (*escape route*) dan jalur yang dilewati oleh ABK kapal saat melakukan tindakan penyelamatan (*access route*). Peraturan IMO MSC.1/CIRC.1533 dan SOLAS II-2/13 yang baru diterbitkan pada tahun 2016, menetapkan bahwa rencana evakuasi kapal penumpang melalui jalur evakuasi harus dinilai secara komputasi pada tahap desain. *Agent Based Model Simulation* adalah pendekatan baru dalam simulasi permodelan sistem yang kompleks dimana individu berinteraksi secara autonomous. MSC.1/Circ.1533 adalah perhitungan total durasi evakuasi untuk metode sederhana dan lanjutan. *Pathfinder* adalah salah satu software simulasi jalur evakuasi yang berdasarkan agen dan gerakan simulator manusia. *Pathfinder* dapat mengimpor geometri dari beberapa format CAD, Bergantung pada jenis file yang diimpor, *Pathfinder* juga menyediakan Setiap komponen navigasi yang digambar di *Pathfinder* adalah beberapa bagian lantai yang dapat dilalui, yang dapat berkisar dari lantai, pintu, hingga tangga. Skenario evakuasi yang terjadi adalah kondisi normal dan kondisi kebakaran pada saat kapal berada dipelabuhan sehingga semua orang di evakuasi menuju *Rampdoor* (Pintu keluar) dan kondisi normal dan kondisi kebakaran pada saat kapal berada di tengah laut sehingga semua orang di evakuasi menuju *Tween Deck*. Kapal diposisikan pada keadaan *even keel* dan tidak mengalami posisi miring. Dengan simulasi menggunakan *Pathfinder* pada tiap skenario dan tingkat kepadatan didapatkan waktu untuk evakuasi menuju ke *rampdoor* dan proses evakuasi di tengah laut dengan pergerakan menuju ke *muster station* yaitu dari kondisi normal kondisi kebakaran salah satu akses tangga *navigation deck*, kondisi kebakaran di kamar mesin memenuhi sehingga kapal layak untuk berlayar mengangkut penumpang dan *general arrangement* kapal ferry-ro-ro 200 GT.

Kata Kunci : Kapal Ferry-Roro, Jalur Evakuasi, Waktu Evakuasi, Proses Evakuasi



## ABSTRACT

**AIRLANGGA ARIFNUR.** *EVALUATION OF EVACUATION PATH ON 200 GT FERRY-RORO VESSEL* (supervised by Wahyuddin and Fadhil Rizki Clausthaldi)

Along with technological developments, Ro-Ro ferries have been equipped with various facilities and features that make transportation easier. However, the large number of passengers carried on Ro-Ro ferries and the complexity of the ship's structure are the main factors influencing safety on board. On a passenger ship there are at least two evacuation routes, namely the escape route for passengers when evacuation occurs (escape route) and the route used by the ship's crew when carrying out rescue actions (access route). The new IMO regulations MSC.1/CIRC.1533 and SOLAS II-2/13, published in 2016, stipulate that evacuation plans for passenger ships via evacuation routes must be computationally assessed at the design stage. Agent Based Model Simulation is a new approach in simulating complex system modeling where individuals interact autonomously. MSC.1/Circ.1533 is a calculation of the total evacuation duration for simple and advanced methods. Pathfinder is an evacuation route simulation software based on agents and human movement simulators. Pathfinder can import geometry from several CAD formats, Depending on the type of file being imported, Pathfinder also provides Each navigation component drawn in Pathfinder is some traversable part of the floor, which can range from floors, to doors, to stairs. The evacuation scenario that occurred was normal conditions and fire conditions when the ship was in the harbor so that everyone was evacuated to the Rampdoor (exit) and normal conditions and fire conditions when the ship was in the middle of the sea so that everyone was evacuated to the Tween Deck. The ship is positioned at an even keel and does not tilt. By simulating using Pathfinder for each scenario and density level, we get the time for evacuation to the rampdoor and the evacuation process in the middle of the sea with movement towards the muster station, namely from normal fire conditions to one of the navigation deck stair accesses, fire conditions in the engine room are sufficient so that the ship suitable for sailing to carry passengers and general arrangement of 200 GT ferry-ro-ro ships.

Keywords: Ferry-Roro Ship, Evacuation Route, Evacuation Time, Evacuation Process



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN .....	iii
ABSTRAK .....	iv
ABSTRAC .....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
KATA PENGANTAR .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan/Lingkup Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Pengertian Umum .....	5
2.1.1 Kapal Ferry .....	5
2.1.2 Pengertian Penumpang.....	5
2.1.3 Pengertian Evakuasi.....	5
2.2 Kondisi-Kondisi di Kapal .....	7
2.3 Ketentuan SOLAS 1974 Mengenai Evakuasi Penumpang .....	8
2.3.1 <i>Simplified Evacuation Analysis</i> .....	9
2.3.2 <i>Advance Evacuation Analysis</i> .....	10
2.4 Simulasi.....	12
2.5 <i>Software Pathfinder</i> .....	13
2.6 <i>Performance Standart</i> .....	14
2.7 Waktu Evakuasi .....	15
2.8 <i>Agent Based Model Simulation</i> .....	17
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>20</b>
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian .....	20
3.1.1 Lokasi Penelitian.....	20
3.1.2 Waktu Penelitian .....	20
3.2 Jenis Data dan Variabel Penelitian.....	20
2.1 Jenis Data .....	20
3.2.1.1 Pengambilan Data Penelitian .....	20
metode Pengambilan Data .....	20
2.2 Variabel Penelitian .....	20



3.2.2.1	Identitas Variabel-Variabel Penelitian .....	20
3.2.2.2	Definisi Operasional Variabel Penelitian.....	21
3.3	Alur Penelitian .....	22
3.4	Kerangka Pikir .....	30
BAB IV PEMBAHASAN .....		31
4.1	Data Kapal .....	31
4.1.1	Data Utama Kapal .....	31
4.1.2	<i>General Arrangement</i> .....	32
4.1.3	<i>Safety Plan</i> .....	34
4.2	Transformasi <i>General Arrangement</i> Kapal Ferry -Roro 200 GT ke Software <i>Pathfinder</i> .....	37
4.3	Kesesuaian Karakter <i>General Arrangement</i> Kapal Ferry-Roro 200 GT dengan Software <i>Pathfinder</i> .....	46
4.3.1	<i>Floors</i> (Lantai/Geladak).....	46
4.3.2	<i>Rooms</i> (Ruangan-Ruangan) .....	48
4.3.3	<i>Doors</i> (Pintu-Pintu).....	52
4.3.4	<i>Stairs</i> (Tangga-Tangga) .....	54
4.3.5	<i>Exits</i> (Akses Keluar) .....	57
4.4	Skenario Evakuasi Penumpang dan ABK di Pelabuhan.....	57
4.4.1	Skenario Evakuasi Kondisi Normal.....	58
4.4.2	Skenario Evakuasi Kondisi Kebakaran Kamar Mesin.....	58
4.4.3	Skenario Evakuasi Kondisi Kebakaran Akses.....	59
4.5	Skenario Evakuasi Penumpang dan ABK di Tengah Laut .....	60
4.5.1	Skenario Evakuasi Kondisi Normal.....	60
4.5.2	Skenario Evakuasi Kondisi Kebakaran Kamar Mesin.....	61
4.5.3	Skenario Evakuasi Kondisi Kebakaran Akses .....	61
4.6	Identifikasi Penumpang .....	62
4.7	Pengujian Menggunakan Software <i>Pathfinder</i> .....	63
4.7.1	Tahapan Skenario Evakuasi di Pelabuhan .....	66
4.7.2	Tahapan Skenario Evakuasi di Tengah Laut .....	74
4.8	Hasil Waktu Simulasi Dari Tiap Skenario.....	82
4.8.1	Hasil Waktu Simulasi Skenario di Pelabuhan.....	82
4.8.2	Hasil Waktu Simulasi Skenario di Tengah Laut.....	83
4.9	Waktu Evakuasi .....	84
4.9.1	Permodelan Evakuasi.....	85
4.9.2	Asumsi Permodelan .....	85
4.9.3	Standar Kinerja .....	86
4.9.4	Identifikasi Kepadatan Penumpang .....	86
4.9.5	Parameter Perhitungan .....	87
4.9.6	Perhitungan Waktu Evakuasi .....	88
10.1	Hasil Perhitungan Total Waktu Evakuasi Tiap Skenario.....	92



4.11	Rekomendasi.....	94
BAB V PENUTUP .....		96
5.1	Kesimpulan .....	96
5.2	Saran .....	96
DAFTAR PUSTAKA .....		97
LAMPIRAN .....		100



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Software <i>Pathfinder</i> .....	13
Gambar 2 Visualisasi pada <i>Pathfinder</i> .....	14
Gambar 3 <i>Performance Standart</i> Menurut IMO.....	14
Gambar 4 <i>General Arrangement Ferry Ro-Ro</i> 200 GT.....	24
Gambar 5 <i>Safety Plan Ferry Ro-Ro</i> 200 GT.....	25
Gambar 6 <i>Kerangka Pikir</i> .....	30
Gambar 7 <i>General Arrangement</i> Bagian Tank Top/ Bottom Deck .....	32
Gambar 8 <i>General Arrangement</i> Bagian Car Deck .....	33
Gambar 9 <i>General Arrangement</i> Bagian Tween Deck .....	33
Gambar 10 <i>General Arrangement</i> Bagian Top Deck.....	34
Gambar 11 <i>Safety Plan</i> Bagian Tank Top/ Bottom Deck.....	34
Gambar 12 <i>Safety Plan</i> Bagian Car Deck.....	35
Gambar 13 <i>Safety Plan</i> Bagian Tween Deck.....	36
Gambar 14 <i>Safety Plan</i> Bagian Top Deck .....	36
Gambar 15 Impor Gambar Pada Menu File.....	37
Gambar 16 Langkah Awal Pengerjaan Transformasi Gambar <i>General Arrangement</i> Berbentuk File DWG ke Software <i>Pathfinder</i> .....	38
Gambar 17 Pilih File Format DWG .....	38
Gambar 18 Kotak Dialog <i>Import Location</i> .....	39
Gambar 19 Kotak Dialog <i>Units</i> .....	40
Gambar 20 Kotak Dialog <i>Import Settings</i> .....	40
Gambar 21 Kotak Dialog <i>Analyzing File</i> .....	42
Gambar 22 Kotak Dialog <i>Import Options</i> .....	42
Gambar 23 <i>General Arrangement</i> Telah Diinput .....	43
Gambar 24 <i>General Arrangement</i> Telah Diinput (Zoom In).....	44
Gambar 25 Kotak Dialog Informasi Geometris .....	44
Gambar 26 Tampilan Membuat <i>Floors</i> .....	47
Gambar 27 Kotak Dialog Ukuran <i>Floors</i> .....	47
Gambar 28 Kotak Dialog <i>Drop-Down</i> .....	48
Gambar 29 <i>Adding New Rooms</i> Bentuk Ruang Poligonal.....	49
Gambar 30 <i>Adding New Rooms</i> Bentuk Ruang Persegi Panjang .....	50
Gambar 31 <i>Separating and Mergins Rooms</i> .....	51
Gambar 32 Menentukan Letak Pintu Ruang .....	52
Gambar 33 Menambahkan Karakteristik Pintu Tipis Untuk Tiap Ruang .....	53
Gambar 34 Tangga Tidak Terhubung Batas Tepi.....	54
Gambar 35 Tangga Terhubung Batas Tepi .....	55
Gambar 36 Properti Pembuatan atau Peletakan Tangga Antar Geladak .....	56
Gambar 37 Menentukan Letak Akses Keluar/ <i>Exits</i> .....	57
Gambar 38 Hasil Model Pada Bagian <i>Tank Top/Bottom Deck</i> .....	64
Gambar 39 Hasil Model Pada Bagian <i>Car Deck</i> .....	64
40 Hasil Model Pada Bagian <i>Tween Deck</i> .....	65
41 Hasil Model Pada Bagian <i>Navigation Deck</i> .....	65
42 Hasil Model Pada Bagian <i>3D View</i> .....	66
43 Letak Ruang dan Area Pada Bagian <i>Tank Top/Bottom Deck</i> .....	67
44 Letak Penumpang Pada Bagian <i>Tank Top/Bottom Deck</i> .....	68



Gambar 45 Letak Ruangan dan Area Pada Bagian <i>Car Deck</i> .....	69
Gambar 46 Letak Penumpang Pada Bagian <i>Car Deck</i> .....	70
Gambar 47 Letak Ruangan dan Area Pada Bagian <i>Tween Deck</i> .....	71
Gambar 48 Letak Ruangan dan Area Pada Bagian <i>Navigation Deck</i> .....	72
Gambar 49 Letak Penumpang Pada Bagian <i>Navigation Deck</i> .....	73
Gambar 50 Letak Ruangan dan Area Pada Bagian <i>Tank Top/Bottom Deck</i> .....	75
Gambar 51 Letak Penumpang/ Abk Pada Bagian <i>Tank Top/Bottom Deck</i> .....	76
Gambar 52 Letak Ruangan dan Area Pada Bagian <i>Car Deck</i> .....	77
Gambar 53 Letak Penumpang/Abk Pada Bagian <i>Car Deck</i> .....	78
Gambar 54 Letak Ruangan dan Area Pada Bagian <i>Tween Deck</i> .....	79
Gambar 55 Letak Ruangan dan Area Pada Bagian <i>Navigation Deck</i> .....	80
Gambar 56 Letak Penumpang/Abk Pada Bagian <i>Navigation Deck</i> .....	81
Gambar 57 Grafik Waktu Simulasi di Softawre <i>Pathfinder</i> .....	82
Gambar 58 Grafik Waktu Simulasi di Softawre <i>Pathfinder</i> .....	84
Gambar 59 Grafik Total Waktu Evakuasi Tiap Skenario .....	92
Gambar 60 Grafik Total Waktu Evakuasi Tiap Skenario .....	94



## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Kecepatan Berjalan/Berpindah Sesuai Kriteria IMO.....	19
Tabel 2 Tabel Kerangka Analisis.....	29
Tabel 3 Data Ukuran Utama Kapal.....	31
Tabel 4 Daftar Penumpang kapal Ferry Ro-Ro yang dikelompokkan berdasarkan kriteria IMO .....	62
Tabel 5 Daftar Penumpang Kapal Ferry Ro-Ro yang dikelompokkan berdasarkan Kecepatan Berjalan/Berpindah sesuai kriteria IMO .....	63
Tabel 6 Uraian Skenario Rute Evakuasi pada <i>Tank Top/Bottom Deck</i> .....	67
Tabel 7 Uraian Skenario Rute Evakuasi pada <i>Car Deck</i> .....	69
Tabel 8 Uraian Skenario Rute Evakuasi pada <i>Tween Deck</i> .....	71
Tabel 9 Uraian Skenario Rute Evakuasi pada <i>Navigaton Deck</i> .....	72
Tabel 10 Uraian Skenario Rute Evakuasi pada <i>Tank Top/Bottom Deck</i> .....	75
Tabel 11 Uraian Skenario Rute Evakuasi pada <i>Car Deck</i> .....	77
Tabel 12 Uraian Skenario Rute Evakuasi pada <i>Tween Deck</i> .....	79
Tabel 13 Uraian Skenario Rute Evakuasi pada <i>Navigaton Deck</i> .....	80
Tabel 14 Hasil Waktu Simulasi atau <i>Travel Time (T)</i> .....	82
Tabel 15 Hasil Waktu Simulasi atau <i>Travel Time (T)</i> .....	83
Tabel 16 Faktor Nilai k Ditentukan Berdasarkan dari Ukuran Tangga .....	87
Tabel 17 Total Hasil Waktu Simulasi atau <i>Travel Time (T)</i> .....	92
Tabel 18 Total Hasil Waktu Simulasi atau <i>Travel Time (T)</i> .....	93



## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmanirahim...*

**Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh**

Segala puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran ALLAH Subhanahu Wa Ta'ala atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan judul “**EVALUASI JALUR EVAKUASI KAPAL FERRY RO-RO 200 GT**” sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan (S1) pada Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Disamping untuk memberikan pengalaman untuk meneliti dan menyusun karya ilmiah berupa skripsi kepada penulis dan selain itu skripsi ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan peneliti lainnya untuk menambah pengetahuan dalam bidang perkapalan. Shalawat dan Salam tak lupa penulis kirimkan kepada junjungan Nabi Muhammad Sallallahu Alaihi Wasallam sebagai suri tauladan kita dengan segala pengorbanannya yang telah menerangi sisi-sisi gelap kehidupan Jahiliyah dengan hasilnya yang dapat kita nikmati sampai saat ini.

Dalam menjalani kehidupan ini tentu tidak selalu baik-baik saja, ada kalanya kita menghadapi berbagai tantangan untuk menjadi lebih baik lagi, begitu pula apa yang penulis rasakan dalam menyusun skripsi ini yang penuh tantangan dan dinamika. Namun alhamdulillah semua tantangan dan dinamika tersebut dapat penulis Lewati berkat tekad yang kuat dan dukungan berupa do'a, pikiran, dan tenaga dari berbagai pihak.

Dalam kesempatan ini pula dari lubuk hati terdalam penulis sampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, do'a, usaha, bimbingan serta dukungan moral, semoga semuanya bernilai ibadah di mata ALLAH SWT dan mendapatkan balasan yang lebih baik Aamiin. Dengan ini ucapan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya penulis sampaikan kepada :

1. Kedua orang tua tercinta, Ibu Hj, Arisah Arif, S.Pd , Bunda Herwati, S.Kep, Ns dan Ayahanda Arifuddin dengan penuh kasih sayang dan ketulusan tanpa pamrih telah membesarkan serta mendidik penulis hingga saat ini. Terima kasih sebesar-besarnya karena telah memberikan dukungan materil dan moril serta segala do'a yang tiada henti kepada penulis sehingga bisa mendapatkan kemudahan dalam menjalani kehidupan terkhusus kemudahan dalam penyusunan skripsi ini. Terima Kasih pula kepada kakak penulis Dzulfiqran ArifNur, S.T dan Adek Sri Afqilla ArifNur yang juga memberikan dorongan semangat kepada penulis. Semoga ALLAH SWT selalu melindungi dan memberikan kesehatan kepada orang tua dan saudara penulis Aamiin.
2. Bapak Wahyuddin, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, memberikan arahan, saran dan kritik kepada penulis dari awal proposal hingga penyusunan skripsi ini selesai



apak Fadhil Rizki Clausthaldi, S.T, B.Eng, M.Sc. Selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, memberikan arahan, saran dan kritik kepada penulis dari awal proposal hingga penyusunan skripsi ini selesai

4. Bapak Moh.Rizal Firmansyah, ST.MT dan Ibu Ir. Rosmani, MT selaku Dosen Penguji yang telah memberikan ilmu, masukan, dan saran dalam Upaya penyempurnaan skripsi ini.
5. Seluruh Dosen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang tak dapat penulis sebutkan satu persatu dan juga Dosen Labo Rancang Bangun Kapal, atas kesabaran dan keikhlasan telah membagi serta menyampaikan ilmunya yang sangat bermanfaat bagi penulis.
6. Bapak Prof. Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT., selaku Ketua Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajaran stafnya.
7. Seluruh staf Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas ilmu, nasihat, dan pelayanan administrasinya kepada penulis.
8. Seluruh keluarga besar penulis mulai dari sepupu sampai om dan tante keponakan yang telah memberikan semangat, dukungan moril dan materil serta do'a sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini.
9. Saudara (i) keluarga di ZTARBOARD'2019 yang terus mendukung, memberi semangat, kekompakan, bantuan dan rasa persaudaraan yang telah kalian tunjukkan kepada penulis selama berkuliah di Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
10. Dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah telah berjasa dalam hidup penulis memberikan dukungan dan bantuan sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.

Penulis sadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kesalahan baik itu pada teknik penulisan maupun isi yang disajikan. Oleh karena itu, penulis sangat membutuhkan usul dan kritikan yang bersifat membangun guna perbaikan berikutnya. Akhirnya penulis berharap apa yang disajikan dalam skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan bagi pembaca pada umumnya. Semoga semuanya dapat bernilai ibadah di sisi-Nya. Aamiin.

**Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh**

**Gowa, 10 Oktober 2023**

**Penulis,**



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kapal ferry Ro-Ro (Roll-on/Roll-off) merupakan salah satu jenis kapal yang sering digunakan untuk transportasi laut guna mengangkut kendaraan, kargo, dan penumpang. Seiring dengan perkembangan teknologi, kapal ferry Ro-Ro telah dilengkapi dengan berbagai fasilitas dan fitur yang memudahkan transportasi. Namun, banyaknya jumlah penumpang yang diangkut di kapal ferry Ro-Ro dan kompleksitas struktur kapal menjadi faktor utama yang mempengaruhi keselamatan di atas kapal. Di bawah Konvensi Internasional untuk Keselamatan Kehidupan di Laut (SOLAS), Organisasi Maritim Internasional (IMO) menetapkan perjanjian maritim internasional yang menetapkan standar keselamatan minimum untuk fase desain, konstruksi, dan pengoperasian kapal. Peraturan IMO MSC.1/CIRC.1533 dan SOLAS II-2/13 yang baru diterbitkan pada tahun 2016, peraturan ini menetapkan bahwa rencana evakuasi kapal penumpang melalui jalur evakuasi harus dinilai secara komputasi pada tahap desain. Tujuan penilaian adalah untuk memberikan informasi tentang durasi evakuasi, arus penumpang di seluruh kapal, dan lokasi kemacetan. Analisa ini berlaku untuk kapal penumpang ro-ro yang dibangun pada atau setelah tanggal 1 Juli 1999 dan kapal penumpang yang dibangun pada atau setelah 1 Januari 2020 yang mengangkut lebih dari 36 orang. (Baocheng Ni, 2018)

Kecelakaan kapal di Indonesia dalam periode 2022 terakhir sebagaimana yang dilaporkan KNKT tercatat dalam kurun waktu tersebut terjadi 13 kecelakaan kapal dan mengakibatkan korban jiwa. Dalam laporan tersebut dijelaskan bahwa sejumlah kecelakaan kapal umumnya disebabkan oleh kelalaian manusia itu sendiri dan selebihnya kondisi alam. Dari sejumlah fakta kecelakaan kapal di la salah satu penyebab jatuhnya banyak korban saat terjadi kecelakaan uruknya perencanaan jalur evakuasi di atas kapal (Irdiantono,R. 2022).



Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 62 Tahun 2013, jenis kecelakaan Kapal yang di investigasi oleh Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) adalah kapal tenggelam, kapal terbakar, kapal tubrukan, dan kapal terbakar. Total kecelakaan pelayaran yang diinvestigasi oleh KNKT pada Semester I tahun 2022 sebanyak 5 kecelakaan. Adapun kecelakaan pelayaran semester I tahun 2022, Terbakarnya Kapal Dumai Line 5 di Perairan Pelabuhan Sekupang, Batam pada tanggal 08 Juni 2022. jumlah korban jiwa akibat kecelakaan pelayaran paling banyak terjadi di bulan Juni 2022 sebanyak 6 jiwa, dimana 2 orang meninggal dunia dan 4 orang luka-luka (KNKT 2022).

Muhammad, et al. (2015) Total waktu evakuasi yang diperlukan oleh penumpang kelas ekonomi KMP Jatra II, mulai dari meninggalkan ruang penumpang hingga seluruh penumpang berada pada pintu darurat geladak kendaraan, adalah 870 detik atau 14,5 menit. Waktu tersebut lebih kecil daripada waktu yang disyaratkan IMO ( $< 60$  menit) dan Potensi kepadatan atau jalur kritis terjadi pada pintu 1 karena jalur tersebut dilalui oleh semua penumpang kelas ekonomi sebelum memasuki koridor 1 dan koridor 2. Jumlah penumpukan penumpang pada lokasi tersebut adalah 72 orang pada detik ke-300. Selanjutnya, penumpukan penumpang terjadi pada daerah pertemuan penumpang dari koridor 3 dan koridor 4 menuju pintu darurat geladak kendaraan. Pada lokasi ini terjadi penumpukan penumpang hingga mencapai 76 orang pada detik ke-490.

Sebagaimana di atur dalam ketentuan SOLAS Chapter II-2/28-3 yaitu Dalam sebuah kapal penumpang Setidaknya terdapat dua jalur evakuasi yang harus disiapkan diatas kapal yaitu jalur melarikan diri bagi penumpang saat evakuasi terjadi (*escape route*) dan jalur yang dilewati oleh ABK kapal saat melakukan tindakan penyelamatan (*access route*) ketempat asal kejadian misalnya ketitik asal api untuk kejadian kebakaran. (SOLAS, 1997)

Dalam penelitian ini penulis menggunakan Kapal Ferry Ro-Ro 200 GT sebagai objek mensimulasi kepadatan penumpang tidak hanya di ruang penumpang 1 menyebar penumpang mendekati kondisi real sebaran di kapal, untuk r seberapa besar waktu yang dibutuhkan untuk evakuasi penumpang yang an standart IMO MSC.1/Circ.1533 dan menggunakan perangkat lunak.



## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pokok permasalahan yang ada terdapat pada latar belakang, maka penelitian ini diambil rumusan masalah

Apakah waktu yang dibutuhkan untuk menuju ke *muster station* dari jalur evakuasi yang telah ada di kapal Ferry Ro-Ro 200 GT memenuhi jika melakukan simulasi dengan skenario kebakaran dan kondisi yang ditentukan sesuai dengan standar IMO MSC.1/Circ.1533? Jika tidak memenuhi, maka akan dibuatkan alternatif jalur evakuasi.

## 1.3 Batasan /Lingkup Masalah

Batasan masalah yang digunakan sebagai arahan serta acuan dalam penulisan proposal penelitian ini agar sesuai dengan permasalahan serta tujuan yang di harapkan. Pada penelitian ini terdapat beberapa batasan masalah srbagai berikut:

1. Tidak membuat desain *safety plan* dan rencana umum ulang untuk kapal yang tidak memenuhi standar IMO MSC.1/Circ.1533.
2. Perhitungan waktu evakuasi yang dilakukan dengan asumsi kapal dalam kondisi *even keel*.
3. Tidak ada bahaya kebakaran di ruangan tiap geladak pada kapal dengan menggunakan aplikasi berbasis komputer tentang *ship evacuation* dengan bantuan *Thunderhead Engineering* dan perhitungan analitik.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang serta permasalahannya maka maksud dan tujuan dari tugas penelitian ini adalah :

Mengevaluasi waktu yang dibutuhkan untuk proses evakuasi menuju ke *muster station* dari jalur evakuasi yang telah ada di kapal ferry ro-ro 200 GT pada simulasi kenario dan kondisi yang sudah ditentukan sesuai dengan standar IMO Circ.1533.



## 1.5 Manfaat Penelitian

Pada Perancangan Jalur Evakuasi Optimal pada Kapal Ferry Ro-Ro 200 GT dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Menjadi basis data untuk merancang *general arrangement* kapal.
2. Memahami perancangan kapal terutama terkait aspek keselamatan kapal
3. Memberikan wawasan mengenai proses evakuasi yang merujuk pada kecepatan berjalan penumpang maupun ABK sesuai standar yang berlaku.

## 1.6 Sistematika Penulisan

### BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi pendahuluan yang meliputi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

### BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini memberikan penjelasan mengenai teori dasar yang digunakan dalam penyelesaian skripsi ini yaitu : pathfinder, kapal perintis, dan waktu evakuasi.

### BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan diuraikan waktu dan lokasi penelitian, tahapan penelitian, data kapal Ferry Ro-Ro 200 GT, data penelitian, serta kerangka pikir

### BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

ada bab ini akan membahas hasil penelitian yang diperoleh dari proses perhitungan data yang telah diperoleh dari hasil simulasi sehingga diketahui waktu evakuasi pada setiap penumpang kapal Ferry Ro-Ro 200 GT

### BAB V : PENUTUP



ini akan menyajikan secara singkat kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini. Bab ini juga memuat saran-saran bagi pihak yang berkepentingan untuk melanjutkan penelitian lebih lanjut.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Pengertian Umum

##### 2.1.1. Pengertian Kapal Ferry

Kapal ferry merupakan jenis kapal penyebrangan antar pulau yang banyak digunakan karena disamping mampu menampung jumlah penumpang yang cukup banyak dan juga dapat untuk mengangkut kendaraan seperti mobil dan truk, sehingga kapal ini dilengkapi dengan pintu (*rump door*) baik pada sisi haluan maupun buritan.

##### 2.1.2. Pengertian Penumpang

Menurut Peraturan Pemerintah No.51 tahun 2002 tentang perkapalan, yang dimaksud penumpang adalah pelayar yang ada di atas kapal selain awak kapal dan beumur kurang dari 1 (satu) tahun. Jadi penumpang adalah setiap orang yang ada di atas kapal selain petugas serta tidak memiliki *requirement* sebagai pelaut. Pada Ferry penyeberangan penumpang ditandai dengan kepemilikan tiket penumpang sekaligus sebagai bukti pengguna jasa penyeberangan. Pada penyusunan skripsi ini yang dimaksud dengan penumpang adalah pengguna jasa penyeberangan kapal Ferry yang juga sebagai evakuator (orang yang melakukan evakuasi).

##### 2.1.3. Pengertian Evakuasi

Evakuasi adalah aspek *Emergency Planning* yang dapat dijelaskan sebagai tindakan meninggalkan suatu zona bahaya secepat mungkin dengan tertib dan teratur. Sasaran utama dari evakuasi adalah dengan waktu yang sesingkat-singkatnya dapat mengevakuasi sejumlah besar orang dengan aman.



Prosedur evakuasi merupakan suatu tata cara yang harus dilakukan ketika keadaan bahaya dan melakukan proses pengungsian dari tempat berbahaya ke tempat perlindungan yang aman. Selain kelengkapan sarana

penanggulangan kebakaran, aplikasi prosedur evakuasi yang tepat juga sangat diperlukan guna mengantisipasi terjadinya peristiwa kebakaran dan terbalik demi keselamatan semua kru yang berada didalam kapal tersebut. Menurut *International Maritim Organization (IMO)*, bagian terpenting dari Ship Evacuation Plan (SEP) adalah arahan operasi dalam bentuk format komputer maupun cetakan dimana misi dan tugas kru, tahapan operasi dasar dan *criteria* operasi ditunjukkan.

Evakuasi terdiri dari dua bagian: Pertama mengarahkan penumpang ke titik evakuasi dan kemudian jika situasi sudah memungkinkan, *lifeboats* dan *life raft* dilepaskan untuk meninggalkan kapal yang collapse. Bagian pertama terutama diurus dengan memberikan jalur yang memadai pada rute evakuasi dengan mempertimbangkan jumlah penumpang maupun ABK. Metode ini memiliki kelemahan: salah satu contoh adalah bahwa *open deck* tidak perlu dimasukkan ke dalam perhitungan rute evakuasi.

Ketika kapal lebih besar, tangga, pintu dan daerah *assembly point* seharusnya juga memiliki luasan yang lebih besar sebanding dengan jumlah orang yang ada di kapal. Oleh karena itu pengaturan proses evakuasi dari kapal yang lebih besar harus sama amannya dengan kapal yang lebih kecil. Namun, risiko utama bisa datang dari jumlah orang yang lebih banyak, yakni membimbing orang ke lokasi yang tepat, dan membuat mereka untuk mematuhi petunjuk dalam situasi panik bisa menjadi suatu tantangan karena berbagai alasan. Sebagai contoh, yakni akan lebih sulit mengkoordinir sejumlah penumpang dalam kondisi panik pada kapal penumpang dibanding dengan penumpang pada kapal Ro-Ro.

Pada dasarnya evakuasi terbagi menjadi beberapa tahapan, yaitu *Pre-evacuation* yang terdiri dari munculnya api, bunyi alarm, keputusan dan mulai pergerakan. Setelah *pre-evacuation* langkah selanjutnya adalah *movement*, dimana pergerakan ini adalah proses berjalannya evakuasi yang diukur dengan satuan waktu (*time*) (IMO, 2007).



## 2.2. Kondisi-Kondisi di Kapal

Kondisi di kapal digolongkan menjadi dua, yaitu kondisi tenang dan kondisi darurat.

### A. Kondisi Tenang

Yang dimaksud kondisi tenang adalah kondisi saat kapal tidak sedang mengalami gangguan, baik itu gangguan dari luar maupun gangguan yang diakibatkan dari kondisi kapal itu sendiri. Yang dimaksud gangguan dari luar misalnya adalah adanya badai, perompak atau kecelakaan kapal. Sedangkan gangguan dari dalam adalah gangguan yang diakibatkan dari kondisi kapal, misalnya mesin alat-alat bantu yang mati.

### B. Kondisi Darurat

Menurut (Sahirman, 2013) Kondisi darurat adalah kondisi saat kapal mengalami gangguan yang disebabkan oleh faktor dari luar dan faktor dari dalam. Keadaan darurat dapat menyebabkan kerugian bagi semua pihak, sehingga perlu dipahami kondisinya guna memiliki kemampuan dasar mengidentifikasi tanda-tanda keadaan agar situasinya mampu diatasi oleh nahkoda beserta anak buahnya maupun kerja sama dengan pihak terkait. Keadaan darurat yang terjadi di kapal terkadang dapat ditanggulangi sendiri atau perlu bantuan pihak lain bahkan dapat pula mengakibatkan seluruh awak kapal (dan penumpang) harus meninggalkan kapal (evakuasi). Dari semua kondisi yang dialami oleh kapal, berikutnya dibagi lagi berdasarkan perlu atau tidaknya dilakukan evakuasi. Dari sini kondisi darurat kapal dibagi menjadi dua, yaitu kondisi rawan dan kondisi bahaya.

#### 1. Kondisi Rawan.

Kondisi rawan adalah saat kapal mengalami kondisi darurat namun nahkoda tidak harus melakukan evakuasi terhadap penumpang dan awak kapal. Tidak perlunya dilakukan evakuasi dapat dikerenakan beberapa alasan, antara lain :

- a. Kondisi darurat yang dihadapi masih dapat diatasi oleh awak kapal.
- b. Kapal masih tetap dapat melakukan perjalanan, minimal hingga pelabuhan terdekat.



- c. Tidak perlu membahayakan penumpang, sehingga penumpang masih dapat tetap berada di kapal.
- d. Jika penumpang berada di luar kapal, dilakukan evakuasi, justru akan lebih berbahaya bagi penumpang.

Adapun kondisi rawan yang dapat dihadapi kapal misalnya :

- a. Kebakaran ringan yang masih dapat diatasi oleh awak kapal sehingga tidak menyebabkan kerusakan pada kapal dan kapal masih dapat melanjutkan pelayaran.
- b. Tabrakan atau kecelakaan yang tidak menyebabkan kerusakan parah yang dapat mengakibatkan kapal tenggelam.
- c. Cuaca buruk atau badai, karena akan lebih berbahaya bagi penumpang, kecuali jika dapat menyebabkan kapal tenggelam.
- d. Mesin mati atau *black out*.
- e. Adanya perompak atau bajak laut.

## 2. Kondisi Bahaya

Kondisi bahaya adalah kondisi darurat yang dihadapi oleh kapal dimana mengharuskan dilakukannya evakuasi terhadap seluruh penumpang. Yang menyebabkan harus dilakukan evakuasi adalah :

- a. Kapal tidak dapat melanjutkan perjalanan
- b. Kebakaran besar sehingga dapat membakar seluruh kapal dan membahayakan penumpang dan menyebabkan kapal tenggelam.
- c. Tabrakan atau kecelakaan yang menyebabkan kerusakan parah sehingga dapat menyebabkan kapal tenggelam.

### 2.3. Ketentuan SOLAS 1974 Mengenai Evakuasi Penumpang

Sejak Tahun 1970, IMO secara intensif mempublikasikan regulasi tentang evakuasi penumpang kapal laut, hal tersebut sesuai ketentuan SOLAS, kaitanya dengan keselamatan kapal dan jumlah pelampung penolong serta karakteristiknya.



di ke 83 komite IMO (03-12 Oktober 2007), menyetujui pedoman pada analisis untuk kapal penumpang baru dan yang sudah ada, sebagaimana n dalam MSC.1/Circ.1238 tanggal 30 Oktober 2007. Dalam pedoman ini

menawarkan dua kriteria untuk analisa evakuasi meliputi: Analisis evakuasi yang disederhanakan (*Simplified Evacuation Analysis*) dan Analisis evakuasi lanjutan (*Advanced Evacuation Analysis*).

### 2.3.1. *Simplified Evacuation Analysis*

*Simplified Evacuation Analysis* bertujuan untuk menyajikan metodologi dalam melakukan analisis evakuasi yang disederhanakan khususnya, untuk: a). Mengidentifikasi dan menghilangkan sejauh mungkin kemacetan yang dapat berkembang selama evakuasi karena gerakan normal penumpang dan ABK di sepanjang rute evakuasi, mempertimbangkan kemungkinan bahwa ABK mungkin perlu untuk bergerak sepanjang rute-rute berlawanan dengan arah pergerakan penumpang. b). Menunjukkan bahwa pengaturan evakuasi yang cukup fleksibel untuk menyediakan kemungkinan jalan keluar tertentu, tempat berkumpul, dan evakuasi kapal penyelamat, untuk menghindari korban akibat kegagalan evakuasi.

Definisi-definisi yang dipakai dalam perhitungan simplified analysis antara lain:

- A. *Persons load* adalah jumlah orang yang dipertimbangkan dalam evakuasi.
- B. *Awareness time* (A) adalah waktu yang dibutuhkan bagi orang untuk bereaksi terhadap situasi. Kali ini dimulai setelah pemberitahuan awal misalnya, alarm darurat dan berakhir ketika penumpang telah menerima situasi tersebut dan mulai bergerak menuju tempat berkumpul.
- C. *Travel time* (T) didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan untuk semua orang di kapal untuk bergerak dari tempat mereka menuju tempat berkumpul (*assembly station*) kemudian ke tempat pemberangkatan (*embarcations stations*).
- D. *Embarcation time* (E) and *launching time* (L), jumlah waktu yang dibutuhkan dari jumlah total orang untuk meninggalkan kapal.



Mengenai distribusi awal penumpang di kapal, MSC.1/Circ.1533 didasarkan pada Kode Internasional untuk Sistem Keselamatan Kebakaran (Kode FSS), ukannya "skenario malam" dan "skenario siang" sebagai berikut:

- a) "Skenario Malam" – penumpang di kabin dengan kapasitas berlabuh maksimum sepenuhnya sibuk;  $\frac{2}{3}$  awak kabin di kabin mereka dan  $\frac{1}{3}$  sisanya dibagikan:
- 1) 50% berlokasi di ruang layanan;
  - 2) 25% berlokasi di stasiun darurat mereka;
  - 3) 25% awalnya berlokasi di stasiun perakitan; berturut-turut mereka harus melanjutkan menuju kabin penumpang terjauh yang ditugaskan ke stasiun perakitan itu, diurus balik dengan para pengungsi. Setelah kabin penumpang ini tercapai, kru ini anggota tidak lagi dipertimbangkan dalam simulasi.
- b) "Skenario Hari" – penumpang di ruang publik menempati  $\frac{3}{4}$  dari kapasitas maksimum;  $\frac{1}{3}$  dari awak kapal di ruang akomodasinya (kabin dan hari kru spasi);  $\frac{1}{3}$  awak kapal berada di ruang publik dan  $\frac{1}{3}$  sisanya didistribusikan sebagai berikut:
- 1) 50% berlokasi di ruang layanan;
  - 2) 25% berlokasi di lokasi tugas darurat mereka;
  - 3) 25% awalnya berlokasi di stasiun perakitan; berturut-turut, mereka harus melanjutkan menuju kabin penumpang terjauh yang ditugaskan ke stasiun perakitan itu, diurus balik dengan para pengungsi. Setelah kabin penumpang ini tercapai, kru ini anggota tidak lagi dipertimbangkan dalam simulasi.

### ***2.3.2 Advance Evacuation Analysis***

Dalam metode lanjutan kesamaan hidrolis dari metode yang disederhanakan terlampaui karena semua orang di kapal diwakili sebagai individu dengan kemampuan dan respons tertentu durasi; apalagi hubungan antara penumpang, awak kapal dan tata letak kapal dipertimbangkan.

Dalam metode ini, analisis evakuasi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak tertentu berdasarkan realitas virtual, yang menggunakan algoritma yang berbeda untuk mensimulasikan perilaku pengungsi. Melalui an acak, durasi perjalanan T dihitung: untuk setiap Kasus menganalisis 500 simulasi berbeda yang harus dilakukan, tetapi jumlah ini mungkin saja



dikurangi menjadi 50 jika kriteria konvergensi yang sesuai dipenuhi. Simulasi adalah dibuat dengan mempertimbangkan 100 populasi berbeda yang dihasilkan secara acak, dan untuk setiap populasi ditetapkan serangkaian parameter yang mempengaruhi evakuasi dan dikumpulkan dalam 4 kategori berbeda:

- a) Kategori geometris, yang mempertimbangkan tata letak rute pelarian;
- b) Kategori populasi, yang mempertimbangkan berbagai parameter mengenai orang dan demografi penduduk;
- c) Kategori lingkungan, yang mempertimbangkan kondisi statis dan dinamis dari kapal (meskipun saat ini angka dari parameter tersebut tidak dapat diandalkan karena kekurangannya dari data percobaan). Untuk itu, dalam beberapa tahun terakhir ini telah dilakukan beberapa percobaan terhadap perilaku manusia saat terjadi badai dengan menggunakan platform tertentu yang mensimulasikan gerakan kapal [21, 22 dan 23];
- d) kategori prosedural, yang mempertimbangkan bantuan awak kapal dalam keadaan situasi darurat

Proses evakuasi kapal penumpang besar sangat kompleks, paling tidak karena melibatkan pengelolaan sejumlah besar orang di platform bergerak yang kompleks, yang biasanya mereka hanya memiliki sedikit pengetahuan. Karakteristik ini membuat evakuasi kapal sangat berbeda dengan evakuasi dari pesawat terbang dan bangunan. Untuk mengatasi risiko yang terkait dengan penumpang dan awak kapal di laut, istilah Evacuability (kemampuan kinerja evakuasi penumpang) telah dirancang, (Vassalos et al. 2002), mencakup berbagai kemampuan yang mencakup waktu evakuasi, identifikasi potensi hambatan, penilaian tata letak, peralatan penyelamat jiwa, sosialisasi penumpang dengan lingkungan kapal, pelatihan awak kapal, evakuasi yang efektif prosedur/strategi, sistem pendukung keputusan cerdas untuk manajemen krisis dan desain untuk kemudahan evakuasi. Dari sudut pandang teknis, evakuasi massal ribuan orang dari lingkungan yang sangat kompleks dengan masalah tidak dapat diaksesnya hal-hal

tidak diketahui, diperburuk oleh bahaya (yang berpotensi terjadi bersamaan) seperti banjir dan kebakaran/asap serta ketidakpastian bawaan yang berasal dari manusia yang tidak dapat diprediksi. situasi krisis, adalah masalah dengan



kesulitan pemodelan yang parah pada tingkat sistem, prosedural dan perilaku. (Apostolos D. Papanikolaou, 2009)

Evakuasi telah menjadi prioritas tinggi dalam Agenda Organisasi Maritim Internasional (IMO) sejak tahun 1999 ketika SOLAS memberlakukan analisis evakuasi untuk dilakukan di awal tahap desain kapal penumpang Ro-Ro yang baru. Setelah itu, Sub-Komite Perlindungan Kebakaran, setelah tiga tahun bekerja, mengeluarkan pada bulan Februari 2002 satu set Pedoman Interim yang direvisi untuk kapal penumpang Ro-Ro baru – kapal pesiar baru dan kapal yang ada secara sukarela – untuk dilaksanakan baik dengan analisis sederhana atau analisis lanjutan berbasis komputer. Analisis tersebut memungkinkan untuk penilaian pada tahap desain keselamatan pasif (in-built) dari sistem evakuasi kapal saja, sementara keselamatan operasional (aktif), yang berkaitan dengan tindakan apa pun untuk meningkatkan kesiapsiagaan darurat dan untuk mengelola krisis dengan lebih baik jika terjadi keadaan darurat, hanya ditangani melalui faktor keamanan. Dalam hal ini, skenario evakuasi IMO mengatasi masalah yang berkaitan dengan tata letak dan ketersediaan rute pelarian utama serta distribusi penumpang dan waktu respons tetapi tidak mengatasi keadaan darurat nyata dan karenanya kebutuhan untuk mempersiapkan hal ini melalui perencanaan, pelatihan, dan dukungan keputusan yang lebih baik, semuanya terkait dengan fungsi awak kapal, yang sama pentingnya dengan perakitan penumpang seperti tata letak rute pelarian yang baik. Untuk mengatasi masalah ini, Rina telah mengembangkan dan meluncurkan notasi pertama yang didedikasikan untuk aspek operasional bantuan dari *Ship Stability Research Center* (SSRC) dan mengimplementasikannya pada *Spirit Class of Carnival*, (Dogliani et al. 2004).

## 2.4. Simulasi

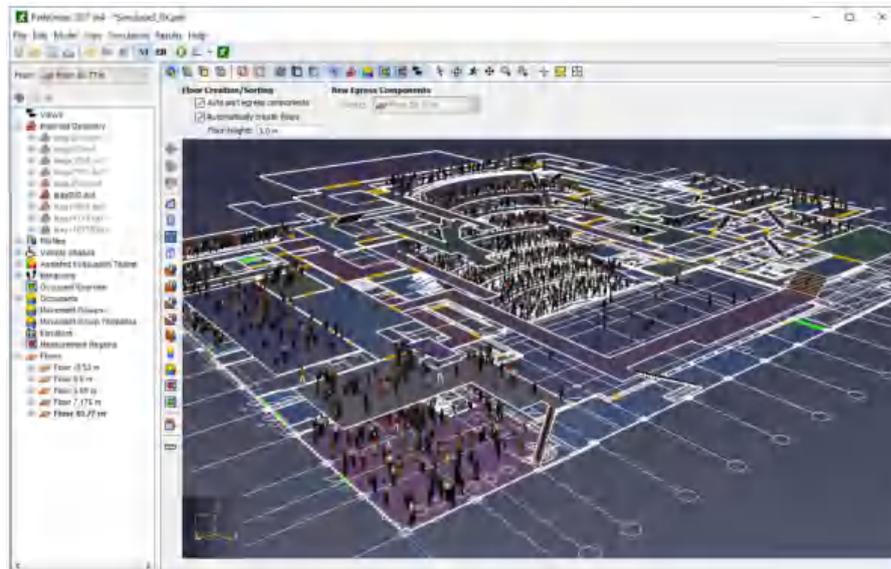
Simulasi merupakan sekumpulan metode dan aplikasi yang menirukan tingkah laku dari sistem nyata dan biasanya menggunakan komputer dengan akan software yang sesuai. Pada kenyataannya, simulasi dapat bersifat menjak ada ide menerapkan simulasi di segala bidang. Banyak pendapat mengatakan bahwa simulasi adalah upaya melakukan pendekatan terhadap



sistem nyata menggunakan model. Dari model tersebut, dilakukan percobaan beberapa kali untuk mengetahui perilaku sistem yang sebenarnya. Peranan simulasi adalah membantu merespon adanya perubahan yang terjadi dalam suatu sistem akibat pengaruh internal maupun eksternal.

## 2.5. Software Pathfinder

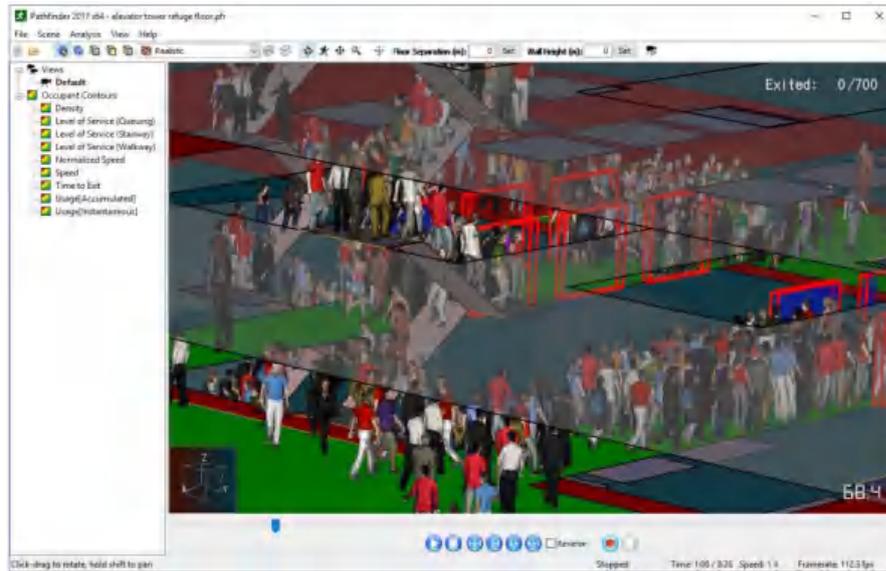
*Pathfinder* adalah salah satu software simulasi jalur evakuasi yang berdasarkan agen dan gerakan simulator manusia. Software ini menyediakan antarmuka pengguna grafis untuk model simulasi serta visualisasi 2D dan 3D untuk analisis hasil. GUI pada *pathfinder* digunakan terutama untuk membuat dan menjalankan model simulasi.



Gambar 1 *Software Pathfinder*

*Pathfinder* juga mencakup program kedua yang dirancang khusus untuk visualisasi kinerja tinggi dari waktu secara 3D. 3D program hasil ditunjukkan pada Gambar 1



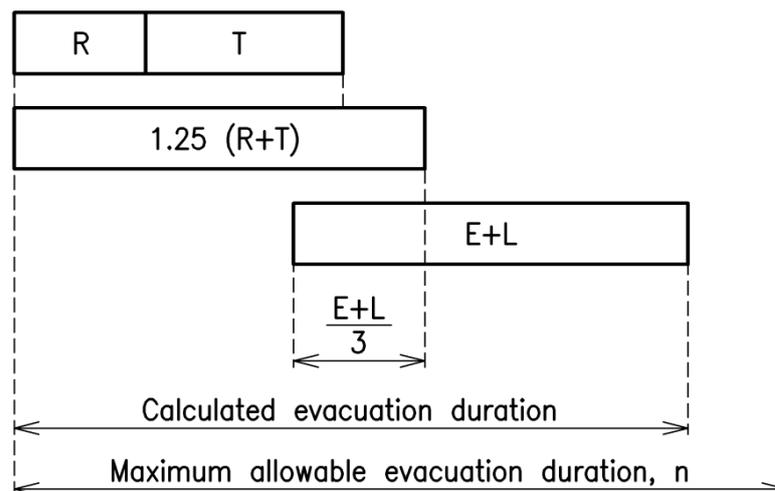


Gambar 2 Visualisasi pada pathfinder

### 2.6 Performance Standart

Sebuah inovasi yang diperkenalkan oleh MSC.1/Circ.1533 adalah harmonisasi total durasi evakuasi (tTOT) untuk metode sederhana dan lanjutan pada gambar 2.4. Memang benar, standar kinerja yang harus diverifikasi untuk kedua metode tersebut adalah sama:

$$t_{TOT} = 1.25 (R + T) + \frac{2}{3} (E + L) \leq n \tag{1}$$



Gambar 3 Performance Standart Menurut IMO

)' pada kasus 1 dan kasus 3,5' pada kasus 2 dan kasus 4



- 2) Dihitung sebagaimana tercantum dalam Lampiran 1 Pedoman ini
- 3) Maksimum 30' sesuai dengan peraturan SOLAS III/21.1.4
- 4) Waktu tumpang tindih =  $1/3 (E+L)$
- 5) Nilai n (min)

Perhitungan E+L harus dihitung berdasarkan hasil penuh uji coba skala pada kapal serupa dan sistem evakuasi atau data yang diberikan oleh produsen, namun dalam hal ini, metode perhitungan harus didokumentasikan termasuk nilai faktor keamanan tertentu yang digunakan. Jika tidak satu pun dari kedua metode tersebut dapat digunakan, E + L diasumsikan 30 menit. [6]

Selain menghitung waktu evakuasi, kita juga perlu memperhatikan keselamatan rute seperti sarana melarikan diri. Menurut SOLAS Bab II, Bagian D peraturan 13, berarti melarikan diri adalah ketika seluruh orang di kapal dapat dengan aman dan cepat melarikan diri ke sekoci dek embarkasi dan sekoci penyelamat, berikut adalah istilahnya:

- a) Harus ada jalan keluar yang aman.
- b) Rute pelarian harus dijaga agar aman dan bebas dari bahaya rudal.
- c) Harus ada bantuan ekstra, yang sama pentingnya, akses, dan jelas penandatanganan, dan pemenuhan desain dalam keadaan darurat.

## 2.7 Waktu Evakuasi

Berdasarkan IMO Interim Guidelines untuk analisa evakuasi kapal passenger ship, maka perlu diberikan beberapa asumsi agar perhitungan waktu evakuasi dianalisa berdasarkan keadaan yang sebenarnya. Terdapat beberapa asumsi pada IMO MSC/Circ.9092), antara lain;

- A. Seluruh penumpang dan awak kapal akan memulai evakuasi pada saat yang bersamaan, dimana satu dengan yang lainnya tidak akan bertabrakan. Evakuasi akan dimulai saat alarm dibunyikan dan terjadi *Awariness Time* (A).



Seluruh penumpang dan ABK akan menyelamatkan diri melalui jalur penyelamatan diri utama. Dengan mengacu pada SOLAS regulasi II-2/13 tentang penyediaan jalur evakuasi agar penumpang dapat dengan cepat dan

selamat menuju titik kumpul, maka kapal harus mengikuti syarat berikut ini:

1. Jalur penyelamatan yang layak disediakan sesuai dengan peraturan (safe escape route).
2. Jalur penyelamatan harus dijaga agar tetap dalam kondisi yang bebas dari berbagai hambatan.
3. Jalur penyelamatan harus disediakan seperlunya dengan memperhitungkan kecepatan akses, memiliki penandaan yang jelas, dan dimodel dengan layak untuk situasi gawat darurat.
4. Kecepatan berjalan penumpang ditentukan berdasarkan perhitungan densitas penumpang dan jenis sarana penyelamatan.
5. Tidak ada penumpang atau ABK yang tidak mampu menyelamatkan diri atau kondisi mentalnya sedang bermasalah. Seluruh penumpang dan ABK telah dinyatakan kompeten serta memiliki sertifikat *Basic Safety Training* (BST).
6. *Counterflow* dihitung berdasarkan faktor counterflow.
7. Jumlah penumpang diasumsikan 100% (terisi penuh).
8. Kemampuan seluruh sarana penyelamatan telah dipertimbangkan yaitu memenuhi kelayaklautan (*Seaworthiness*)
9. Seluruh penumpang dapat bergerak tanpa ada halangan,
10. Efek dari pergerakan kapal, usia dan kemampuan penumpang, kemampuan melihat ketika terdapat asap dan lain-lain telah dihitung dalam *safety factor*.

Komponen yang perlu dipertimbangkan dalam menghitung waktu evakuasi :



- A. *Awareness time* (A)
- B. *Embarkation time* (E) dan *launching time* (L).
- C. Perhitungan *Travel time* (T), dan

## 2.8 Agent Based Model Simulation

*Agent Based Model (ABM)* adalah salah satu dari kelas model komputasi untuk mensimulasikan tindakan dan interaksi agen otonom (baik entitas individu atau kolektif seperti organisasi atau kelompok) dengan maksud untuk menilai efek mereka pada sistem secara keseluruhan.

*Agent Based Model Simulation* adalah pendekatan baru dalam simulasi permodelan sistem yang kompleks dimana agent/Individu Berinteraksi secara autonomous (Mengatur kepentingan sendiri) (Siswantoro, 2015). Agen memiliki perilaku lain dimana saling mempengaruhi satu sama lain. Dengan Permodelan agen secara individu, sifat keberagaman dan perilaku terhadap sistem yang dimiliki oleh agen akan secara otomatis berinteraksi antar agen. berikut beberapa sifat keberagaman dan perilaku agent:

- a) Agen memiliki masalah mengenai representasi alam
- b) Ketika perubahan proses struktural membutuhkan hasil dari permodelan
- c) Peningkatan tingkat keacakan agen
- d) Terdapat kejadian yang tidak terduga / tidak terprediksi
- e) Terdapat komponen geospasial (obyek atau kejadian yang mencakup suatu lokasi, letak dan posisinya) yang mempengaruhi perilaku agen
- f) Saat agen-agen menjadi suatu kesatuan organisasi
- g) Agen memiliki strategi perilaku tertentu
- h) Agen memiliki hubungan yang dinamis dengan agen lainnya
- i) Agen dapat belajar, beradaptasi dan dapat merubah perilaku mereka masing-masing.

Analisis evakuasi IMO, yang dilakukan untuk kapal pesiar baru dan kapal penumpang yang ada secara sukarela, memungkinkan penilaian pada tahap desain keselamatan pasif (*in-built*) dari sistem evakuasi kapal saja, sedangkan keselamatan operasional (aktif), berkaitan dengan setiap tindakan untuk

tingkatkan kesiapsiagaan darurat dan untuk mengelola krisis dengan lebih jika terjadi keadaan darurat, hanya ditangani dengan cara keselamatan t. Sehubungan dengan hal tersebut perlu digarisbawahi tiga hal:



- a) Skenario evakuasi IMO mengatasi permasalahan yang berkaitan dengan tata letak dan ketersediaan rute evakuasi utama serta distribusi penumpang dan waktu tanggap. Namun hal ini tidak mengatasi keadaan darurat yang nyata dan oleh karena itu diperlukan persiapan melalui perencanaan, pelatihan dan dukungan pengambilan keputusan yang lebih baik, semua hal terkait terhadap fungsi awak kapal, faktor yang sama pentingnya dengan pengumpulan penumpang adalah tata letak rute pelarian yang baik. Menjauh dari tradisional Pendekatan industri kelautan, Registro Italiano Navale (RINa) telah dikembangkan notasi yang didedikasikan untuk aspek operasional di atas kapal dengan bantuan SSRC dan mengimplementasikannya pada *Spirit Class of Carnival*, (Dogliani et al. 2004).

Notasi Kelas ini bertujuan untuk menilai efektivitas fungsi awak kapal dengan membandingkan kinerja evakuasi kapal dalam beberapa skenario tertentu (selain 4 skenario IMO), berkaitan dengan acara sosial, kapal di tempat berlabuh dan pemilik menentukan skenario yang mencerminkan keadaan darurat nyata dengan dan tanpa bantuan awak kapal. Konsep baru ini menjadikan analisis evakuasi jauh lebih relevan dan menawarkan “cara” nyata untuk meningkatkan kinerja evakuasi penumpang serta memberi insentif kepada pemilik kapal penumpang untuk meningkatkan prosedur darurat. Berangkat dari perkembangan tersebut, analisis evakuasi dalam situasi darurat melalui simulasi numerik sekarang dapat dilakukan secara bermakna.

- b) Istilah “Evakuasi” cenderung digunakan secara bergantian dengan istilah “Pengumpulan” atau “Perkumpulan” dan dengan demikian merupakan elemen penting dari ditinggalkannya kapal cenderung diabaikan. Penekanan pada kuantifikasi waktu untuk meninggalkan tidak bisa cukup ditekankan.
- c) Evakuasi pasca kecelakaan, selain memastikan ketersediaan sistem darurat, pengaruh air banjir/kebakaran harus dipastikan dengan menggunakan model evakuasi banjir/kebakaran berpasangan seperti yang dijelaskan dalam (Vassalos 2006).



Daftar Penumpang dan ABK Kapal Perintis yang dikelompokkan berdasarkan Kecepatan Berjalan/Berpindah sesuai kriteria IMO.

Tabel 1 Kecepatan Berjalan/Berpindah Sesuai Kriteria IMO

Population Groups – Passengers	Walking Speed on Flat Terrain (e.g, Corridors)	
	Minimum (m/s)	Maximum (m/s)
<i>Female Younger Than 30 Years</i>	0.93	1.55
<i>Female 30-50 Years Old</i>	0.71	1.19
<i>Female Older Than 50 Years</i>	0.56	0.94
<i>Male Younger Than 30 Years</i>	1.11	1.85
<i>Male 30-50 Years Old</i>	0.97	1.62
<i>Male Older Than 50 Years</i>	0.84	1.4
<i>Crew</i>	1.11	1.85

Sumber: IMO MSC 2016

