

SKRIPSI

Desain Safety And Fire Control Plan Dan Perancangan Escape Route Pada Kapal Latih Barombong

Disusun dan diajukan oleh:

**FAUZAN ARSANDI
D091191066**



**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

DESAIN *SAFETY AND FIRE CONTROL PLAN* DAN PERANCANGAN *ESCAPE ROUTE* PADA KAPAL LATIH BAROMBONG

Disusun dan diajukan oleh

FAUZAN ARSANDI
D091191066

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada tanggal 13 Agustus 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan Menyetujui,

Pembimbing Utama


Andi Husni Sitepu, S.T., M.T.
NIP. 197702172001121001

Ketua Program Studi,



Fauzan Arsandi, S.T., M.Inf.Tech., M.Eng.
NIP. 198102112005011003



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Fauzan Arsandi

NIM : D091191066

Departement : Teknik Sistem Perkapalan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

*DESAIN SAFETY AND FIRE CONTROL PLAN DAN PERANCANGAN
ESCAPE ROUTE PADA KAPAL LATIH BAROMBONG*

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, 29 Juli 2024

Yang membuat pernyataan,



Fauzan Arsandi



ABSTRAK

FAUZAN ARSANDI. DESAIN *SAFETY AND FIRE CONTROL PLAN* DAN PERANCANGAN *ESCAPE ROUTE* PADA KAPAL LATIH BAROMBONG. (Dibimbing oleh Husni Sitepu, S.T., M.T.)

Berdasarkan data kecelakaan transportasi KNKT, standar keselamatan harus diprioritaskan pada pelayaran agar dapat menunjang kelancaran transportasi laut. Kapal yang berlayar di pelayaran domestik menggunakan *Non Convention Vessel Standard* (NCVS) sebagai standar keselamatan. Kapal Latih Barombong beralih fungsi menjadi kapal penumpang barang mengakibatkan pada tahun 2023, Kapal Latih Barombong akan diklaskan di Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). Karena akan diklaskan, maka Kapal Latih Barombong harus memenuhi ketentuan-ketentuan keselamatan yang ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Laut sebagai syarat berlayar. Sehingga, tujuan dari penelitian ini yaitu membuat desain *safety and fire control plan* dan menentukan *escape route* yang paling efektif untuk Kapal Latih Barombong yang mengacu pada regulasi NCVS dan IMO. Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini yaitu merancang kebutuhan LSA dan pemadam kebakaran dengan bantuan *AutoCAD 2019* dan membuat desain *escape route* berdasarkan aturan IMO yang berlaku dengan *AutoCAD 2019* sesuai dengan *general arrangement* Kapal Latih Barombong. Desain tersebut disimulasikan di *Pathfinder 2023* dan *Pyrosim 2023*. Hasil penelitian ini adalah desain *safety and fire control plan* untuk Kapal Latih Barombong sesuai regulasi NCVS karena telah dilengkapi peralatan alat keselamatan dan alat pemadam kebakaran yang sesuai regulasi NCVS Pasal 50 dan Pasal 80 tentang perlengkapan alat keselamatan dan pemadam kebakaran kapal penumpang daerah pelayaran lokal. Sedangkan desain *escape route* yang dibuat efektif untuk Kapal Latih Barombong karena desain memenuhi standar regulasi waktu evakuasi yang ditentukan oleh IMO yaitu tidak melebihi dari 60 menit. Hasil waktu evakuasi penumpang skenario A membutuhkan waktu evakuasi selama 30,30 menit pada siang hari dan 36,50 menit pada malam hari. Skenario B selama 32,85 menit pada siang hari dan 39,10 pada malam hari. Skenario C selama 32,98 menit pada siang hari dan 39,24 menit pada malam hari dan skenario D selama 31,70 menit pada siang hari dan 37,95 menit pada malam hari.

Kata kunci : *safety and fire control plan*, rute evakuasi, Kapal Latih Barombong



ABSTRACT

FAUZAN ARSANDI. DESIGN OF SAFETY AND FIRE CONTROL PLAN AND ESCAPE ROUTE PLANNING FOR THE BAROMBONG TRAINING SHIP. (Supervised by Husni Sitepu, S.T., M.T.)

Based on transportation accident data from KNKT, safety standards must be prioritized in shipping to ensure the smooth operation of sea transportation. Ships sailing in domestic waters use the Non-Convention Vessel Standard (NCVS) as their safety standard. Barombong Training Ship function was converted to a cargo-passenger ship, resulting in its classification by the Indonesian Classification Bureau (BKI) in 2023. Due to this classification, Barombong Training Ship must comply with the safety requirements set by the Directorate General of Sea Transportation as a prerequisite for sailing. Therefore, the objective of this research is to create a safety and fire control plan design and determine the most effective escape route for the Barombong Training Ship based on NCVS and IMO regulations. The steps taken in this research include designing the LSA and fire extinguisher requirements using AutoCAD 2019 and creating an escape route design based on applicable IMO regulations with AutoCAD 2019 according to the general arrangement of the Barombong Training Ship. The design was simulated in Pathfinder 2023 and Pyrosim 2023. The results of this research include a safety and fire control plan for the Barombong Training Ship that complies with NCVS regulations, equipped with safety and fire extinguishing equipment that meets the requirements of NCVS Article 50 and Article 80 concerning safety and fire extinguishing equipment on passenger ships in local waters. The escape route design is effective for Barombong Training Ship as it meets the IMO evacuation time standard, which is not to exceed 60 minutes. The evacuation time results showed that scenario A requires 30.30 minutes during the day and 36.50 minutes at night. Scenario B takes 32.85 minutes during the day and 39.10 minutes at night. Scenario C takes 32.98 minutes during the day and 39.24 minutes at night and scenario D takes 31.70 minutes during the day and 37.95 minutes at night.

Keywords: safety and fire control plan, evacuation route, Barombong Training Ship



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
KATA PENGANTAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Keselamatan Transportasi	5
2.2 Keselamatan Kapal	7
2.3 Persyaratan Keselamatan Kapal Penumpang Barang	8
2.4 Prosedur Evakuasi.....	20
2.5 Ketentuan SOLAS Mengenai Evakuasi Penumpang	20
2.6 Waktu Evakuasi	22
2.7 <i>Performance Standard</i>	23
2.8 Kecepatan Berjalan	24
2.9 Persentase Jumlah Penumpang dan ABK	25
2.10 <i>Software Pathfinder</i>	26
2.11 <i>Software Pyrosim</i>	28
BAB III METODE PENELITIAN.....	30
3.1 Lokasi Penelitian.....	30
3.2 Tahapan Penelitian	30
3.3 Kerangka Penelitian	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1 Perlengkapan Alat Keselamatan Kapal Latih Barombong	45
4.2 Perlengkapan Alat Pemadam Kebakaran Kapal Latih Barombong	52
4.3 Perancangan Jalur Evakuasi Kapal Latih Barombong	58
4.4 Hasil Simulasi	63
4.5 Total Waktu Pergerakan Penumpang.....	73
4.6 Perhitungan Total Waktu Evakuasi.....	74
BAB V PENUTUP.....	78
5.1 Kesimpulan	78
5.2 Daftar Pustaka	79
5.3 Lampiran	80
5.4 Daftar Pustaka	80
5.5 Lampiran	82



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Jenis-jenis <i>lifebuoy</i>	10
Gambar 2 <i>lifejacket light</i>	11
Gambar 3 <i>Lifeboat</i>	12
Gambar 4 <i>Liferaft</i>	12
Gambar 5 <i>Two way VHF radio</i>	12
Gambar 6 <i>Rocket parachute flares</i>	13
Gambar 7 <i>Line-throwing appliances</i>	13
Gambar 8 <i>Red hand flares</i>	14
Gambar 9 <i>Buoyant smoke signals</i>	14
Gambar 10 <i>Search and Rescue Transponder (SART)</i>	15
Gambar 11 <i>Emergency Position Indicating Radio Beacon (EPIRB)</i>	15
Gambar 12 <i>Emergency escape breathing devices</i>	16
Gambar 13 <i>Performance Standard</i> menurut IMO	23
Gambar 14 Tampilan <i>pathfinder</i>	27
Gambar 15 Tampilan visualisasi simulasi pada <i>pathfinder</i>	27
Gambar 16 Lokasi penelitian	30
Gambar 17 Tampak samping Kapal Latih Barombong	31
Gambar 18 <i>Navigation deck</i> dan <i>top wheel house</i> Kapal Latih Barombong	32
Gambar 19 <i>Main deck</i> Kapal Latih Barombong	32
Gambar 20 <i>Second deck</i> Kapal Latih Barombong	32
Gambar 21 <i>Double bottom / training room</i> Kapal Latih Barombong.....	32
Gambar 22 <i>General arrangement</i> Kapal Latih Barombong	33
Gambar 23 <i>Import gambar dari AutoCAD 2019</i>	34
Gambar 24 Pembuatan denah ruangan <i>second deck</i> Kapal Latih Barombong	34
Gambar 25 Denah ruangan Kapal Latih Barombong.....	35
Gambar 26 Penggambaran tangga <i>straight</i> pada <i>layout</i> kapal.....	35
Gambar 27 Pembuatan <i>profile agent</i>	36
Gambar 28 Penggambaran model final.....	37
Gambar 29 <i>Manage floor</i>	37
Gambar 30 Pembuatan dinding dan lubang lantai	38
Gambar 31 Penentuan reaksi yang dihasilkan api.....	39
Gambar 32 Pemasangan <i>slices</i> pada model Kapal Latih Barombong.....	40
Gambar 33 Pembuatan <i>mesh</i>	41
Gambar 34 Proses <i>running</i>	41
Gambar 35 Pengaturan FDS Data	42
Gambar 36 Kerangka penelitian.....	44
Gambar 37 Desain <i>safety plan</i> pada <i>double bottom</i> Kapal Latih Barombong.....	51
Gambar 38 Desain <i>safety plan</i> pada <i>second deck</i> Kapal Latih Barombong	51
Gambar 39 Desain <i>safety plan</i> pada <i>main deck</i> Kapal Latih Barombong.....	51
Gambar 40 Desain <i>safety plan</i> pada <i>navigation deck</i> dan <i>top wheel house</i> Kapal Latih Barombong.....	51
41 Desain <i>fire control plan</i> pada <i>double bottom</i> Kapal Latih Barombong	56
42 Desain <i>fire control plan</i> pada <i>second deck</i> Kapal Latih Barombong	56



Gambar 43 Desain <i>fire control plan</i> pada <i>main deck</i> Kapal Latih Barombong....	57
Gambar 44 Desain <i>fire control plan</i> pada <i>navigation deck</i> dan <i>top wheel house</i> Kapal Latih Barombong.....	57
Gambar 45 Desain penempatan <i>sprinkler</i> pada <i>double bottom</i> Kapal Latih Barombong.....	57
Gambar 46 Desain penempatan <i>sprinkler</i> pada <i>second deck</i> Kapal Latih Barombong.....	57
Gambar 47 Desain penempatan <i>sprinkler</i> pada <i>main deck</i> Kapal Latih Barombong.....	58
Gambar 48 Desain penempatan <i>sprinkler</i> pada <i>navigation deck</i> dan <i>top wheel house</i> Kapal Latih Barombong.....	58
Gambar 49 Desain <i>escape route</i> pada <i>double bottom</i> Kapal Latih Barombong...	59
Gambar 50 Desain <i>escape route</i> pada <i>second deck</i> Kapal Latih Barombong.....	60
Gambar 51 Desain <i>escape route</i> pada <i>main deck</i> Kapal Latih Barombong.....	60
Gambar 52 Desain <i>escape route</i> pada <i>navigation deck</i> dan <i>top wheel house</i> Kapal Latih Barombong.....	60
Gambar 53 Komposisi penumpang.....	61
Gambar 54 Keadaan semua pintu dan tangga dapat digunakan oleh seluruh penumpang.....	61
Gambar 55 Keadaan sisi kiri kapal ditutup dan hanya sisi kanan yang dapat digunakan oleh seluruh penumpang.....	62
Gambar 56 Keadaan sisi kanan kapal ditutup dan hanya sisi kiri yang dapat digunakan oleh seluruh penumpang.....	62
Gambar 57 Kebakaran dapur di geladak penumpang.....	63
Gambar 58 Grafik jumlah penumpang dan waktu yang dibutuhkan sampai ke titik kumpul pada skenario A.....	64
Gambar 59 Kepadatan penumpang di geladak penumpang pada skenario A.....	65
Gambar 60 Tingkat kecepatan pergerakan penumpang pada skenario A.....	65
Gambar 61 Grafik jumlah penumpang dan waktu yang dibutuhkan sampai ke titik kumpul pada skenario B.....	66
Gambar 62 Kepadatan penumpang di geladak penumpang pada skenario B.....	67
Gambar 63 Tingkat kecepatan pergerakan penumpang pada skenario B.....	68
Gambar 64 Grafik jumlah penumpang dan waktu yang dibutuhkan sampai ke titik kumpul pada skenario C.....	68
Gambar 65 Kepadatan penumpang di geladak penumpang pada skenario C.....	69
Gambar 66 Tingkat kecepatan pergerakan penumpang pada skenario C.....	70
Gambar 67 Grafik jumlah penumpang dan waktu yang dibutuhkan sampai ke titik kumpul pada skenario D.....	71
Gambar 68 Kepadatan penumpang di geladak penumpang pada skenario D.....	72
Gambar 69 Tingkat kecepatan pergerakan penumpang pada skenario D.....	72
Gambar 70 Hasil simulasi <i>travelling time</i>	74



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Jumlah <i>lifebuoy</i> berdasarkan panjang kapal.....	9
Tabel 2 Jarak detektor	18
Tabel 3 Kecepatan Berjalan pada Bidang Datar	24
Tabel 4 Kecepatan Berjalan pada Tangga.....	25
Tabel 5 Persentase Jumlah Penumpang dan ABK	26
Tabel 6 Detail Material pada Pemodelan Kebakaran.....	38
Tabel 7 Perlengkapan alat keselamatan Kapal Latih Barombong	48
Tabel 8 Perlengkapan alat pemadam kebakaran Kapal Latih Barombong	54
Tabel 9 Pembagian penumpang berdasarkan umur dan kecepatan berjalan.....	59
Tabel 10 Hasil simulasi <i>travelling time</i>	73
Tabel 11 Hasil perhitungan waktu evakuasi	77



DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
IMO	<i>International Maritime Organization</i>
SOLAS	<i>Safety of Life at Sea</i>
NCVS	<i>Non Convention Vessel Standard</i>
PM	Peraturan Menteri
LSA	<i>Life Saving Appliances</i>
KNKT	Komite Nasional Keselamatan Transportasi
SART	<i>Search and Rescue Transponder</i>
EPIRB	<i>Emergency Position Indicating Radio Beacon</i>
EEBD	<i>Emergency Escape Breathing Devices</i>
PFE	<i>Portable Fire Extinguishers</i>
GT	<i>Gross Tonnase</i>



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Jaringan trayek dan jarak mil.....	83
Lampiran 2 Tabel id penumpang untuk skenario A-C.....	84
Lampiran 3 Tabel hasil simulasi evakuasi skenario A dengan bantuan <i>Pathfinder 2023</i>	86
Lampiran 4 Tabel hasil simulasi evakuasi skenario B dengan bantuan <i>Pathfinder 2023</i>	89
Lampiran 5 Tabel hasil simulasi evakuasi skenario C dengan bantuan <i>Pathfinder 2023</i>	92
Lampiran 6 Tabel id penumpang skenario D.....	95
Lampiran 7 Tabel hasil simulasi evakuasi skenario D dengan bantuan <i>Pathfinder 2023</i>	97
Lampiran 8 Pemodelan Kapal Latih Barombong di <i>Pathfinder 2023</i>	100
Lampiran 9 Pemodelan <i>double bottom deck</i> dan <i>5 crew</i> di kamar mesin Kapal Latih Barombong di <i>Pathfinder 2023</i>	100
Lampiran 10 Pemodelan posisi penumpang yang diatur untuk simulasi Kapal Latih Barombong di <i>Pathfinder 2023</i>	101
Lampiran 11 Pemodelan <i>main deck</i> dan <i>crew</i> Kapal Latih Barombong di <i>Pathfinder 2023</i>	101
Lampiran 12 Pemodelan <i>navigation deck</i> , <i>crew</i> dan <i>muster station</i> Kapal Latih Barombong di <i>Pathfinder 2023</i>	102



KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrohim

Alhamdulillah, Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunianya yang melimpah sehingga skripsi yang berjudul **“DESAIN SAFETY AND FIRE CONTROL PLAN DAN PERANCANGAN ESCAPE ROUTE PADA KAPAL LATIH BAROMBONG”** dapat tercapai dan terselesaikan sesuai dan seturut dengan kehendak-Nya. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Strata 1 (S1) di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa berbagai kesulitan dan rintangan dalam penyusunan skripsi ini tidak dapat dilewati tanpa adanya dukungan dan bantuan dari berbagai pihak dari masa perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu saya ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua tercinta dan kedua kakak yang penulis banggakan, dengan penuh kasih sayang dan ketulusan tanpa pamrih yang telah membesarkan serta mendidik penulis hingga saat ini. Terima kasih sebesar-besarnya karena selalu berdoa, memberikan dukungan moral dan dukungan emosional yang tiada henti kepada penulis hingga penulis bisa mencapai titik ini.
2. Kantor Kesyahbandaran dan Otoritas Pelabuhan Utama Makassar (KSOP) selaku instansi pemerintah yang mendukung penulis dalam pengumpulan data penelitian.
3. Bapak Dr. Eng. Faisal Mahmudin, S.T., M.Inf.Tech., M.Eng. selaku ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Andi Husni Sitepu, S.T., M.T. selaku pembimbing yang telah meluangkan banyak waktu untuk membimbing dan memberikan arahan terkait skripsi ini.



5. Bapak M. Rusdy Alwi, S.T., M.T. dan Bapak Baharuddin, S.T., M.T. selaku penguji yang telah meluangkan waktu dan memberikan evaluasi hingga memberikan saran dan masukan terkait penyusunan skripsi ini.
6. Seluruh dosen Departemen Teknik Sistem Perkapalan Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu dan pembelajaran kepada penulis selama masa perkuliahan.
7. Kesi, yang selalu memberikan *support* dan mengingatkan penulis untuk mengerjakan skripsi dan selalu membersamai penulis dalam momen-momen suka maupun duka selama penyusunan hingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
8. Lembaga Kemahasiswaan OKSP FT-UH yang telah memberikan penulis banyak pengalaman dan pembelajaran selama masa perkuliahan di Teknik Sistem Perkapalan Universitas Hasanuddin. Semoga OKSP tetap menghasilkan kader yang baik dengan tekad belajarnya, ikhlas bekerjanya untuk terus berkarya.
9. Muh. Fadhil Pratama Mahmud dan Mufida Azzahra Hafid selaku kepala keluarga KORTNOZZLE 2019, yang telah berhasil mengayomi anggota keluarganya dengan baik dan memberikan dukungan moral dan bantuan untuk penulis selama masa perkuliahan.
10. Senior dan junior yang tidak penulis sebutkan namanya satu persatu yang telah memberikan dukungan dan bantuan serta pembelajaran kepada penulis selama masa studi penulis di kampus merah hitam.
11. Ojan selaku orang menyusun skripsi ini. Kepada diriku yang sering lupa kuperhatikan. Maaf dan terima kasih sudah mau tetap maju meski tertatih. Semoga Lelah dan jerih payah ini akan terbayar, nanti.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan kesalahan, oleh karena itu penulis memohon maaf dan senantiasa menerima kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak sangat penulis harapkan. Sebagai penutup, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua terutama

mbaca yang tertarik pada ilmu energi terbarukan.

Gowa, 29 Juli 2024

Penulis



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia secara geografi merupakan sebuah negara kepulauan dengan dua pertiga luas lautan lebih besar daripada daratan, terlihat dengan adanya garis pantai di hampir setiap pulau di Indonesia (± 81.000 km) yang menjadikan Indonesia menempati urutan kedua setelah Kanada sebagai negara yang memiliki garis pantai terpanjang di dunia (Siswanto, 2018). Kekuatan inilah yang merupakan potensi besar untuk memajukan perekonomian Indonesia. Alat transportasi kapal merupakan salah satu sarana penting yang dapat mendukung dan memperlancar roda perekonomian di Indonesia. Hal ini disebabkan karena mengangkut penumpang maupun barang dengan biaya yang murah dibanding menggunakan jalur udara.

Tetapi dalam lima tahun belakangan, telah terjadi banyak kecelakaan kapal di perairan Indonesia yang diakibatkan oleh kapal terbakar/mesin meledak, kapal kandas, kapal tubrukan dan lain-lain. Pada tahun 2022, tercatat ada sebanyak 13 kecelakaan pelayaran, kecelakaan terbanyak disebabkan oleh kapal tenggelam dan kapal terbakar menurut data Komite Nasional Keselamatan Transportasi. Data kecelakaan transportasi KNKT memperlihatkan bahwa kebakaran merupakan kecelakaan yang paling sering terjadi dan memiliki tingkat resiko yang tinggi pada transportasi pelayaran di Indonesia (KNKT, 2023).

Berdasarkan temuan KNKT, standar keselamatan harus diprioritaskan pada pelayaran agar dapat menunjang kelancaran transportasi laut. Untuk kapal yang melakukan pelayaran internasional harus memenuhi ketentuan SOLAS 1974. *Safety of Life at Sea* (SOLAS) merupakan peraturan yang mengatur tentang keselamatan maritim paling utama dengan tujuan untuk meningkatkan jaminan keselamatan hidup di laut. Sedangkan, untuk kapal yang berlayar di pelayaran domestik menggunakan *Non Convention Vessel Standard* (NCVS) yang merupakan

standar keselamatan yang diberikan kepada kapal-kapal yang tidak diatur di konvensi internasional (non konvensi).



Di Indonesia, pengaturan mengenai NCVS diatur didalam Peraturan Menteri Perhubungan KM.65/2009 tentang Standar Kapal Non Konvensi Berbendera Indonesia. Disamping itu terdapat pula SK Dirjen Perhubungan Laut No. Um.008/9/20/DJPL-12 tentang Pemberlakuan Standar dan Petunjuk Teknis Pelaksanaan Kapal Non Konvensi Berbendera Indonesia. SK tersebut dianggap sebagai ketentuan yang bersifat praktis mengenai pelaksanaan NCVS di Indonesia. Diaturinya NCVS adalah sebagai bentuk tanggapan atas tingginya kasus kecelakaan kapal domestik khususnya pada tahun 2006 hingga 2007.

Kapal Latih Barombong merupakan kapal yang digunakan para taruna Politeknik Pelayaran Barombong untuk berlatih dan sekarang beralih fungsi menjadi kapal penumpang barang dan terjadi perubahan panjang kapal dari 36,6 meter menjadi 45,10 meter. Beralih fungsinya menjadi kapal penumpang barang mengakibatkan pada tahun 2023, Kapal Latih Barombong akan diklaskan di Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) sesuai dengan Peraturan Direktorat Jenderal Perhubungan Laut tentang Kewajiban Klasifikasi Bagi Kapal Berbendera Indonesia Pada Badan Klasifikasi dijelaskan mengenai kriteria kapal yang wajib diklasifikasikan pada badan klasifikasi yang tertera pada pasal 2 PM No.7 Tahun 2013. Karena akan diklaskan, maka Kapal Latih Barombong harus memenuhi ketentuan-ketentuan keselamatan yang ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Laut sebagai syarat berlayar. Sesuai dengan Undang Nomor 17 tahun 2008 tentang Pelayaran, salah satu syarat kapal agar dapat berlayar harus memiliki sertifikat keselamatan penumpang dan sertifikat keselamatan barang. Pemeriksaan dan pengesahan dilakukan oleh petugas pemerintah sesuai dengan Peraturan Direktorat Jenderal Perhubungan Laut sebagai regulator dan pengawasan yang tertera pada PM No. 54 Tahun 2021.

Berdasarkan pembahasan di atas dan adanya berita acara berupa pemeriksaan/audit yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Laut pada tanggal 02 Februari 2024 yang merekomendasikan untuk pengadaan desain *safety and fire control plan* dan *escape route*. *Safety and fire control plan* untuk



akan lokasi semua peralatan keselamatan yang ada di kapal untuk mudah penumpang dan ABK dalam menemukan letak alat keselamatan dan *oute* berfungsi untuk menunjukkan para penumpang dan ABK jalur

evakuasi tercepat dari posisi awal menuju *muster station* atau tempat yang digunakan bagi penumpang dan ABK untuk berkumpul saat terjadi kondisi berbahaya atau kecelakaan di kapal. Sehingga, penelitian ini akan membahas tentang studi kasus mengenai perancangan *safety and fire control plan* dan *escape route* untuk memenuhi keperluan syarat berlayar, maka judul penelitian ini adalah “DESAIN SAFETY AND FIRE CONTROL PLAN DAN PERANCANGAN ESCAPE ROUTE PADA KAPAL LATIH BAROMBONG”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka diambil rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana dengan desain *safety and fire control plan* untuk Kapal Latih Barombong sesuai kriteria regulasi NCVS?
2. Bagaimana desain *escape route* untuk Kapal Latih Barombong yang memenuhi waktu evakuasi sesuai dengan aturan IMO?

1.3 Tujuan Penelitian

Dalam penelitian yang diusulkan memiliki tujuan sebagai berikut :

1. Membuat desain *safety and fire control plan* Kapal Latih Barombong sesuai kriteria regulasi NCVS.
2. Membuat desain *escape route* untuk Kapal Latih Barombong yang memenuhi waktu evakuasi sesuai dengan aturan IMO.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Dapat menjadi masukan bagi pihak kapal dalam memberi informasi berupa *safety and fire control plan* kepada penumpang dan kru kapal mengenai letak letak alat keselamatan jika terjadi bencana pada kapal.
2. Dapat dijadikan acuan bagi pemilik kapal untuk menggunakan *escape route* yang telah dirancang.



1.5 Ruang Lingkup

Agar pembahasan masalah dalam penelitian ini lebih terarah pada tercapainya tujuan penelitian, maka peneliti memberikan batasan masalah adalah sebagai berikut :

1. Objek pada penelitian ini yaitu Kapal Latih Barombong.
2. Simulasi desain *escape route* dilakukan dengan menggunakan *software Pathfinder 2023* dan *Pyrosim 2023*.
3. Tidak memperhitungkan perubahan kecepatan berjalan penumpang dan ABK pada kondisi kapal miring.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Keselamatan Transportasi

Indonesia sebagai Negara kepulauan yang terbesar dengan 17 (tujuh belas) ribuan pulau hanya bisa terhubung dengan baik dengan sistem transportasi multi moda. Angkutan laut merupakan salah satu moda transportasi tersebut, selain memiliki peran sebagai sarana pengangkutan yang secara Nasional dapat menjangkau seluruh wilayah melalui perairan sehingga dapat menunjang, mendorong, dan menggerakkan pertumbuhan daerah yang memiliki potensi sumber daya alam yang besar dalam upaya meningkatkan dan pemerataan pembangunan dan hasilnya (Suryani et al., 2018)

Keselamatan menjadi salah satu faktor yang dikedepankan para pengguna transportasi. Tidak terkecuali pada transportasi laut, tidak peduli dengan jarak yang dekat maupun jarak jauh. Keselamatan sangat diutamakan karena menyangkut berbagai macam kerugian, apabila faktor keselamatan tidak terpenuhi maka dapat mengakibatkan kerugian materi maupun waktu, bahkan dapat menyebabkan korban jiwa (Wijaya, 2016). Permasalahan yang ada pada komponen keselamatan transportasi laut, antara lain:

- a) Masih tingginya tingkat kecelakaan dan musibah di laut;
- b) Masih kurangnya tenaga pengajar yang memenuhi persyaratan (terutama pada diklat kepelautan swasta);
- c) Penyedia alat peraga/simulator yang masih kurang;
- d) Terbatasnya kapal-kapal untuk praktek laut bagi kadet, sehingga banyak kadet yang tertunda/terhambat praktek lautnya;
- e) Implementasi *International Ship & Port Facility Security Code (ISPS Code)* masih perlu dilakukan perbaikan dan bersifat menyeluruh;
- f) Tingkat kecukupan dan keandalan fasilitas kenavigasian relatif rendah;
- g) Kapal pandu dan kapal tunda di beberapa pelabuhan belum memenuhi syarat, baik dalam jumlah maupun kondisi teknisnya;



- h) Kapal patroli penjagaan dan penyelamatan (GAMAT/KPLP) yang dimiliki saat ini masih kurang baik dari kuantitas maupun kualitasnya jika dibandingkan dengan luas wilayah perairan Indonesia.

Keselamatan pelayaran Peraturan *Safety Of Life At Sea* (SOLAS) adalah peraturan yang mengatur keselamatan maritim paling utama dengan tujuan untuk meningkatkan jaminan keselamatan hidup di laut yang dimulai sejak 1914, mengingat, saat itu, di mana-mana banyak terjadi kecelakaan kapal yang menelan banyak korban jiwa. Pada tahap permulaan, dimulai dengan fokus pada peraturan kelengkapan navigasi, kekedapan dinding penyekat kapal serta peralatan berkomunikasi, kemudian berkembang pada konstruksi dan peralatan lainnya. Modernisasi peraturan SOLAS sejak 1960, adalah menggantikan Konvensi 1918 dengan SOLAS 1960 (Hendrawan, 2019).

Sejak saat itu, peraturan mengenai desain untuk meningkatkan faktor keselamatan kapal mulai dimasukkan seperti: Desain konstruksi kapal, Permesinan dan instalasi listrik, Pencegah kebakaran, Alat-alat keselamatan, Alat komunikasi dan keselamatan navigasi. Adapun, usaha penyempurnaan peraturan tersebut dengan cara mengeluarkan peraturan tambahan (amandement) hasil konvensi IMO, yang dilakukan secara berturut-turut pada 1966, 1967, 1971 dan 1973. Namun, usaha untuk memberlakukan peraturan-peraturan tersebut secara internasional kurang berjalan sesuai dengan yang diharapkan, terutama karena hambatan prosedural, yaitu: diperlukannya persetujuan 2/3 dari jumlah negara anggota untuk meratifikasi peraturan dimaksud, ternyata sulit dicapai pada waktu yang diharapkan. Selanjutnya, pada rentang 1974, dibuat konvensi baru SOLAS 1974, yakni pada setiap amandemen diberlakukan sesuai target waktu yang sudah ditentukan, kecuali ada penolakan dari 1/3 jumlah negara anggota atau 50 % dari pemilik tonnage yang ada di dunia (Suryani et al., 2018)

Non-convention Vessel Standard (NCVS) atau standar kapal non konvensi berbendera Indonesia adalah standar yang berlaku untuk kapal-kapal domestik yang hanya berlayar dalam daerah pelayaran kawasan Indonesia (*near coastal voyage*),

oatas, pelabuhan dan perairan daratan yang hanya berada dalam wilayah Indonesia saja. Selain itu, peraturan tentang Kapal Non Konvensi



Berbendera Indonesia diterapkan pada kapal-kapal yang tidak diatur dalam konvensi Internasional meliputi :

1. Seluruh kapal niaga yang tidak berlayar ke luar negeri.
2. Kapal-kapal niaga berukuran dibawah 500 GT yang berlayar ke luar negeri.
3. Kapal-kapal yang tidak digerakkan dengan tenaga mekanis(tongkang, pontoon dan kapal layar).
4. Kapal-kapal kayu (KLM) dan kapal kayu dengan mesin penggerak;
5. Kapal penangkap ikan.
6. Kapal pesiar.
7. Kapal-kapal yang dibangun memenuhi persyaratan kebaruaran (NOVEL)
8. Semua kapal yang ada yang mengalami perubahan fungsi.

2.2 Keselamatan Kapal

Ketentuan Pasal 1 angka 34 Undang Undang Nomor 17 tahun 2008 tentang Pelayaran, keselamatan kapal dibuktikan dengan sertifikat setelah dilakukan pemeriksaan dan pengujian, bahwa Sertifikat keselamatan diberikan kepada semua jenis kapal yang berukuran lebih dari 7 GT, kecuali untuk kapal perang, kapal negara dan kapal yang digunakan untuk keperluan olahraga. Adapun persyaratan keselamatan kapal ini berlaku untuk setiap pengadaan, pembangunan, dan pengerjaan kapal termasuk perlengkapannya serta saat pengoperasian kapal di perairan Indonesia. Terhadap kapal dengan jenis dan ukuran tertentu, kapal wajib diklasifikasikan pada badan klasifikasi untuk dilakukan pemeriksaan dan pengujian, sehingga kapal dinyatakan memenuhi syarat keselamatan dan diberikan sertifikat. Kapal yang telah memperoleh sertifikat dilakukan penilikan secara terus menerus sampai kapal tidak digunakan lagi artinya sertifikat-sertifikat kapal tersebut tidak berlaku (Utomo, 2017).

Sertifikat keselamatan ini sebelumnya dikenal dengan istilah *Seaworthiness Certificate* tapi berdasarkan Undang-Undang Nomor 17 tahun 2008 tentang Pelayaran diubah menjadi sertifikat keselamatan kapal penumpang, sertifikat



tan kapal barang, yang terdiri dari :
 tifikat konstruksi kapal barang,
 tifikat keselamatan perlengkapan kapal barang

3. Sertifikat keselamatan radio kapal barang

Mengenai prosedur penerbitan sertifikat keselamatan kapal, jika kondisi kapal dianggap baik maka permohonan dilengkapi dengan dokumen atau persyaratan sebagai berikut:

1. Surat permohonan asli dari perusahaan
2. Surat ukur tetap
3. Surat laut/pas tahunan/gross akte
4. Laporan pemeriksaan kapal yang terdiri dari konstruksi kapal, perlengkapan kapal, radio, Fitness/IMDG/SBC (peruntukannya), *dock* dari galangan
5. Sertifikat klas yang terdiri dari sertifikat lambung (*hull*), sertifikat mesin (*machinery*), sertifikat garis muat *load line*
6. Rekomendasi pengesahan gambar

Sebelum penerbitan sertifikat, dilakukan pemeriksaan terhadap nautis, teknis dan kondisi kapal oleh petugas pemerintah yaitu pemeriksaan mengenai kondisi kapal, peralatan keselamatan, radio dan mesin kapal sesuai dengan peraturan Direktorat Jenderal Perhubungan Laut pada PM No. 54 Tahun 2021 tentang Pengesahan Gambar Rancang Bangun Kapal, Pelaksanaan dan Pengawasan Pembangunan dan Pengerjaan Kapal yang menjelaskan bahwa setiap perlengkapan dan komponen yang akan digunakan di atas kapal wajib dilakukan pengujian yang dibuktikan dengan sertifikat dari Direktur Jenderal.

2.3 Persyaratan Keselamatan Kapal Penumpang Barang

Di dalam NCVS terdapat peraturan-peraturan mengenai alat keselamatan yang wajib ada di atas kapal, adapun aturan tersebut terdapat chapter IV yaitu *Life Saving Appliances (LSA)*. Dengan adanya peraturan tersebut diharapkan setiap kapal dapat menghindari terjadinya kecelakaan di atas kapal.

1. *Lifebuoy*

Jumlah *lifebuoy* untuk kapal penumpang barang harus memenuhi persyaratan pasal 80 tentang perlengkapan penolong penumpang daerah pelayaran lokal, *lifebuoy* berdasarkan panjang kapal dapat dilihat pada Tabel 1.



Tabel 1 Jumlah *lifebuoy* berdasarkan panjang kapal

Panjang kapal (m)	Jumlah minimum <i>lifebuoy</i>
< 15	4
15 dan kurang dari 45	6
45 dan kurang dari 60	8
60 dan kurang dari 120	12
120 dan kurang dari 180	18
180 dan kurang dari 240	24
> 240	30

Lifebuoy untuk kapal 15 meter atau lebih tetapi kurang dari 45 meter harus memenuhi persyaratan dokumen Standar Kapal Non Konvensi Berbendera Indonesia Bab IV Seksi 9 klausul 9.1. Adapun persyaratannya sebagai berikut:

1. Memiliki daya apung tidak kurang dari 100N di air tawar
2. Dibuat dari bahan yang sesuai dan tahan terhadap minyak dan turunannya serta tahan terhadap suhu hingga 50° C;
3. Diberi warna mencolok sehingga tampak nyata di air;
4. Memiliki massa tidak kurang dari 2,5 kg dan diameter lingkaran dalamnya 0,45 m ± 10 persen;
5. Dilengkapi dengan tali pegangan;
6. Dilengkapi dengan pengaturan apungan bebas, kecuali untuk pelampung penolong yang dilengkapi dengan isyarat asap yang menyala sendiri;
7. Diberi penandaan material pemantul cahaya; dan
8. Diberi penandaan dengan huruf besar latin tegak dengan tulisan nama kapal dan pelabuhan pendaftaran kapal yang membawanya;

Jumlah *Lifebuoy* untuk kapal 15 meter atau lebih tetapi kurang dari 45 meter paling sedikit 6 buah dilengkapi dengan lampu yang dapat menyala sendiri, dan 2 unit lainnya dilengkapi dengan tali apung.





Gambar 1 Jenis-jenis *lifebuoy* (a) *lifebuoy* (b) *lifebuoy* dengan tali (c) *lifebuoy* dengan *self-igniting* dan (d) *lifebuoy* dengan *self-activating smoke signals*

2. *Lifejacket*

Aturan jumlah *lifejacket* harus memenuhi persyaratan NCVS Pasal 80 tentang perlengkapan penolong penumpang daerah pelayaran lokal yaitu sebagai berikut.

1. Baju penolong kategori A yang memenuhi persyaratan Standar Kapal Non Konvensi Berbendera Indonesia Bab IV Seksi 10 klausul 10.1 yang dilengkapi lampu, peluit dan pita pemantul cahaya (*retro-reflektor tape*)
2. Sejumlah 100 persen total jumlah pelayar untuk dewasa ditambah 5 persen cadangan.
3. sejumlah yang mencukupi untuk petugas jaga/pekerja di anjungan, ruang kendali kamar mesin dan ditempat kerja yang jauh dari akomodasi (apabila ada)

mum 10 persen dari jumlah penumpang, untuk anak-anak.





Gambar 2 *lifejacket light*

3. *Lifeboat* dan *liferaf*

Aturan jumlah *Lifeboat* dan *liferaft* harus memenuhi persyaratan NCVS Pasal 80 tentang perlengkapan penolong penumpang daerah pelayaran lokal yaitu sebagai berikut.

1. Dilengkapi sekoci penolong kategori B yang memenuhi persyaratan dokumen Standar Kapal Non Konvensi Berbendera Indonesia Bab IV Seksi 2 klausul 2.2 dengan kapasitas tidak kurang dari 25% total jumlah pelayar pada setiap sisi. Setengah dari jumlah sekoci yang ada di tiap sisi tersebut harus dilengkapi motor sebagai alat penggerak; atau
2. Dilengkapi sekoci kategori B yang memenuhi persyaratan dokumen Standar Kapal Non Konvensi Berbendera Indonesia Bab IV seksi 2.2 dengan kapasitas tidak kurang dari 15% total jumlah pelayar pada setiap sisi. Setengah dari jumlah sekoci yang ada di tiap sisi tersebut harus dilengkapi motor sebagai alat penggerak dan ditambah rakit penolong kembang Kategori B di tiap sisi, dengan kapasitas tidak kurang dari 10% total jumlah pelayar pada tiap sisi.
3. Sebagai tambahan, harus memiliki rakit penolong kembang (*Inflatable Life Raft*) kategori B yang memenuhi persyaratan dokumen Standar Kapal Non Konvensi Berbendera Indonesia Bab IV Seksi 6 klausul 6.2 dan 7.1 dengan kapasitas 75% total jumlah pelayar.
4. Dilengkapi dengan 1 buah sekoci penyelamat (*Rescue boat*) jika tidak ada sekoci penolong (*Life boat*) yang dapat berfungsi sebagai sekoci penyelamat (*Rescue boat*).



Gambar 3 *Lifeboat*Gambar 4 *Liferaft*

4. *Two Way VHF Radio*

Aturan jumlah *Two Way VHF Radio* harus memenuhi persyaratan NCVS Pasal 80 tentang perlengkapan penolong penumpang daerah pelayaran lokal yaitu dilengkapi dengan 3 unit *Two way VHF radio telephone* yang memenuhi persyaratan Standar Kapal Non Konvensi Bab III Seksi 4 klausul 4.2.1.6

Gambar 5 *Two way VHF radio*

et parachute flares

cket parachute flares digunakan untuk memberikan tanda-tanda darurat di
beritahu kapal atau pesawat terdekat bahwa ada kapal atau individu yang

membutuhkan bantuan. Aturan jumlah *Rocket parachute flares* harus memenuhi persyaratan NCVS Pasal 80 tentang perlengkapan penolong penumpang daerah pelayaran lokal yaitu 12 (dua belas) unit roket parasut isyarat marabahaya yang memenuhi persyaratan Standar Kapal Non Konvensi Berbendera Indonesia Bab IV Seksi 13.

Aturan jumlah *Rocket parachute flares* harus memenuhi persyaratan NCVS Pasal 80 tentang perlengkapan penolong penumpang daerah pelayaran lokal yaitu 8 (delapan) unit roket parasut isyarat marabahaya yang memenuhi persyaratan Standar Kapal Non Konvensi Berbendera Indonesia Bab IV Seksi 13



Gambar 6 *Rocket parachute flares*

6. *Line-throwing appliances*

Aturan jumlah *Line-throwing appliances* harus memenuhi persyaratan NCVS Pasal 80 tentang perlengkapan penolong penumpang daerah pelayaran lokal yaitu sarana pelontar tali yang memenuhi persyaratan Standar Kapal Non Konvensi Berbendera Indonesia Bab IV Seksi 16, dengan 4 unit proyektil dan tali.



Gambar 7 *Line-throwing appliances*



7. *Red hand flares*

Aturan jumlah *red hand flares* harus memenuhi persyaratan NCVS Pasal 80 tentang perlengkapan penolong penumpang daerah pelayaran lokal yaitu 6 (enam) buah cerawat tangan merah yang memenuhi persyaratan Standar Kapal Non Konvensi Berbendera Indonesia Bab IV Seksi 14.



Gambar 8 *Red hand flares*

8. *Buoyant smoke signals* (Sinyal asap)

Aturan jumlah *buoyant smoke signals* harus memenuhi persyaratan NCVS Pasal 80 tentang perlengkapan penolong penumpang daerah pelayaran lokal yaitu 2 (dua) unit tabung asap oranye yang memenuhi persyaratan Standar Kapal Non Konvensi Berbendera Indonesia Bab IV Seksi 15.



Gambar 9 *Buoyant smoke signals*



Search and Rescue Transponder (SART)

Aturan jumlah *Search and Rescue Transponder (SART)* harus memenuhi persyaratan NCVS Pasal 80 tentang perlengkapan penolong penumpang daerah

pelayaran lokal yaitu Dilengkapi dengan 2 unit radar transponder yang memenuhi persyaratan Standar Kapal Non Konvensi Berbendera Indonesia Bab III Seksi 4 klausul 4.2.1.5.



Gambar 10 *Search and Rescue Transponder (SART)*

10. *Emergency Position Indicating Radio Beacon (EPIRB)*

Aturan jumlah *Emergency Position Indicating Radio Beacon (EPIRB)* harus memenuhi persyaratan NCVS Pasal 80 tentang perlengkapan penolong penumpang daerah pelayaran lokal yaitu wajib dilengkapi dengan 1 (satu) unit yang memenuhi persyaratan Standar Kapal Non Konvensi Bab III Seksi 4 klausul 4.2.1.3.



Gambar 11 *Emergency Position Indicating Radio Beacon (EPIRB)*



ain mengatur alat keselamatan, NCVS juga mengatur persyaratan
apan pemadam kebakaran pada *chapter* III. Adapun perlengkapan
kebakaran yang diatur sebagai berikut.

1. *Emergency escape breathing devices (EEBD)*

Aturan jumlah *Emergency Escape Breathing Devices (EEBD)* harus memenuhi persyaratan NCVS Pasal 50 tentang perlengkapan pemadam kebakaran kapal penumpang daerah pelayaran lokal yaitu Dilengkapi 2 (dua) unit alat bantu pernafasan untuk meloloskan diri di ruang akomodasi/penumpang, ruang permesinan pada setiap dek dan ruang pengendalian di anjungan. Alat tersebut ditempatkan ditempat yang aman dan hanya digunakan apabila diperlukan.



Gambar 12 *Emergency escape breathing devices*

2. Pompa Utama Pemadam Kebakaran

Aturan jumlah pompa pemadam utama kebakaran harus memenuhi persyaratan NCVS Pasal 50 tentang perlengkapan pemadam kebakaran kapal penumpang daerah pelayaran lokal yaitu sebagai berikut.

- 1) Wajib dilengkapi minimum 2 (dua) unit pompa pemadam kebakaran dengan kapasitas tidak kurang dari $\frac{2}{3}$ kapasitas pompa-pompa bilga yang dipersyaratkan
- 2) Tekanan minimum pada tiap hidran :
 - a. GT 4.000 sampai dengan lebih besar dan sama dengan 1.000 = 0.275 N/mm²
 - b. GT 500 sampai dengan kurang dari 1.000 = 0,20 N/mm²

Tiap pompa harus dapat menghasilkan pancaran secara serentak melalui 2 hidran.



3. Pompa Pemadam Kebakaran Darurat

Aturan jumlah pompa pemadam utama kebakaran harus memenuhi persyaratan NCVS Pasal 50 tentang perlengkapan pemadam kebakaran kapal penumpang daerah pelayaran lokal yaitu sebagai berikut.

- 1) Bila kebakaran dapat menyebabkan semua pompa kebakaran utama tidak berfungsi, maka dipasang 1 pompa kebakaran darurat tetap dengan penggerak mesin diluar kompartemen dimana pompa – pompa kebakaran utama berada.
- 2) Pompa kebakaran darurat tetap dengan penggerak mesin harus dapat menghasilkan sekurang-kurangnya satu pancaran air dari setiap hidran, slang dan nosel dimana tekanan pada setiap hidran dipertahankan sekurang-kurangnya 20 N/mm^2

4. Hidran, Slang dan Nosel-Nosel Pemadam Kebakaran

Aturan jumlah hidran, slang dan nosel-nosel pemadam kebakaran harus memenuhi persyaratan NCVS Pasal 50 tentang perlengkapan pemadam kebakaran kapal penumpang daerah pelayaran lokal yaitu sebagai berikut.

- 1) Wajib dilengkapi minimum 2 (dua) buah ditambah 1 (satu) buah setiap kelebihan dari kelipatan 25 m panjang kapal.
- 2) Ruang permesinan wajib dilengkapi minimum 1 (satu) buah, dilengkapi dengan nosel tipe *dual purpose* (pancar dan semprot).

5. Sistem Sprinkler

Aturan sistem sprinkler harus memenuhi persyaratan NCVS Pasal 50 tentang perlengkapan pemadam kebakaran kapal penumpang daerah pelayaran lokal yaitu wajib dilengkapi di ruang penumpang, akomodasi ABK, ruang muatan, ruang layanan dan geladak kendaraan.

6. Alat Pendeteksi Kebakaran dan Alarm Kebakaran

Aturan alat pendeteksi kebakaran dan alarm kebakaran harus memenuhi an NCVS Pasal 50 tentang perlengkapan pemadam kebakaran kapal ng daerah pelayaran lokal yaitu untuk alat pendeteksi kebakaran wajib xi di ruang tangga, koridor dan jalur penyelamatan diri pada ruang



akomodasi ABK, di ruang penumpang, ruang permesinan yang tidak dijaga, ruang layanan dan ruang-ruang tertutup lainnya yang rentan terhadap kebakaran.

Tabel 2 Jarak detektor

Jenis detektor	Luas area maksimum per detektor	Jarak maksimum antara pusat	Jarak maksimum dari sekat
<i>Heat</i>	37 m ²	9 m	4,5 m
<i>Smoke</i>	74 m ²	11 m	5,5 m

7. Perangkat Pemadam Busa dan CO2 Bukan Portabel di Kamar Mesin

Aturan alat pendeteksi kebakaran dan alarm kebakaran harus memenuhi persyaratan NCVS Pasal 50 tentang perlengkapan pemadam kebakaran kapal penumpang daerah pelayaran lokal yaitu Tiap ruangan yang berisikan permesinan pembakaran dalam yang digunakan untuk penggerak utama, atau yang memiliki total tenaga tidak kurang dari 375 kW untuk mesin bantu harus dilengkapi dengan 1 (satu) tabung pemadam busa kapasitas 45 liter atau jenis lain yang setara.

8. Perangkat Pemadam Kebakaran Api Portabel

Aturan perangkat pemadam kebakaran api portabel harus memenuhi persyaratan NCVS Pasal 50 tentang perlengkapan pemadam kebakaran kapal penumpang daerah pelayaran lokal yaitu sebagai berikut.

- 1) 1 (satu) unit *dry chemical* 4.5 kg untuk tiap ruang penumpang dan ruang ABK di tiap geladak.
- 2) 1 (satu) unit *dry chemical* 4.5 kg di dapur
- 3) 2 (dua) unit tabung pemadam di ruang permesinan yang terdiri dari 1 (satu) unit foam 9 liter dan 1 (satu) unit CO2 6,8 kg
- 4) Ruang layanan lainnya minimum 1 (satu) unit *dry chemical* masing - masing 4.5kg



Aturan Pemadam Kebakaran (*Fire Blanket*)

Aturan selimut pemadam kebakaran harus memenuhi persyaratan NCVS tentang perlengkapan pemadam kebakaran kapal penumpang daerah

pelayaran lokal yaitu setiap dapur dilengkapi dengan 1 (satu) unit selimut pemadam kebakaran.

10. Sambungan Darat Internasional (ISC)

Aturan sambungan darat internasional harus memenuhi persyaratan NCVS Pasal 50 tentang perlengkapan pemadam kebakaran kapal penumpang daerah pelayaran lokal yaitu dilengkapi 1 (satu) unit sambungan darat Internasional, yang diberi tanda dan ditempatkan di tempat yang aman dan mudah dilihat.

11. Bagan Pengendali Kebakaran (*Fire Control Plan*)

Aturan bagan pengendali kebakaran harus memenuhi persyaratan NCVS Pasal 50 tentang perlengkapan pemadam kebakaran kapal penumpang daerah pelayaran lokal yaitu sebagai berikut.

- 1) Bagan pengendali kebakaran yang telah dikukuhkan oleh pejabat yang berwenang wajib dipasang didinding interior kapal yang mudah dilihat.
- 2) Copy bagan pengendali kebakaran ini harus dipasang di dalam tabung/kotak tahan api dan kedap air yang aman didekat tangga naik/masuk keatas kapal pada setiap sisi.
- 3) Tabung/kotak bagan pengendali kebakaran ini harus diberi warna merah dan diberi tanda/stensil "Fire Plan" berwarna putih.
- 4) Didalam tabung tersebut juga harus dilengkapi Copy daftar awak kapal dan manifest jumlah penumpang yang selalui diperbaharui setiap saat.

12. Rute untuk Meloloskan Diri (*Escape Route*)

Aturan rute untuk meloloskan diri harus memenuhi persyaratan NCVS Pasal 50 tentang perlengkapan pemadam kebakaran kapal penumpang daerah pelayaran lokal yaitu sebagai berikut.

- 1) Setiap ruangan penumpang dan ruang permesinan wajib memiliki rute meloloskan diri dalam keadaan darurat.
- 2) Setiap kamar penumpang, dek penumpang dan ruang akomodasi lainnya wajib diberikan informasi posisi keberadaan dan jalur terdekat untuk meloloskan diri dalam bentuk peta yang mudah dimengerti oleh penumpang.



- 3) Jalur meloloskan diri harus diberi tanda, stiker reflektor yang dapat membantu untuk melarikan diri pada saat lampu padam.

2.4 Prosedur Evakuasi

Prosedur evakuasi merupakan suatu tata cara yang harus dilakukan ketika menemui keadaan bahaya dan melakukan proses pengungsian dari tempat terjadinya bahaya 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 kriteria 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. (Wijaya, 2016)



tentuan SOLAS Mengenai Evakuasi Penumpang

ak Tahun 1970, IMO secara intensif mempublikasikan regulasi tentang penumpang kapal laut, hal tersebut sesuai ketentuan SOLAS, kaitannya

dengan keselamatan kapal dan jumlah pelampung penolong serta karakteristiknya. Pada sesi ke 83 komite IMO (03-12 Oktober 2007), menyetujui pedoman pada evakuasi analisis untuk kapal penumpang baru dan yang sudah ada, sebagaimana ditetapkan 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*) (Hadi, 2017).

2.5.1 *Simplified Evacuation Analysis*

Simplified Evacuation Analysis bertujuan untuk menyajikan metodologi dalam melakukan analisis evakuasi yang disederhanakan khususnya, untuk:

1. 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.
2. 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.

2.5.2 *Advance Evacuation Analysis*

Advance Evacuation Analysis merupakan metode perhitungan waktu evakuasi yang dilakukan dengan bantuan software. Contoh software *advance evacuation analysis* adalah *Pathfinder*.

2.6 Waktu Evakuasi

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

1. 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).
2. 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:
 - a. Jalur penyelamatan yang layak disediakan sesuai dengan peraturan (*safe escape route*).
 - b. Jalur penyelamatan harus dijaga agar tetap dalam kondisi yang bebas dari berbagai hambatan.
 - c. Jalur penyelamatan harus disediakan seperlunya dengan memperhitungkan kecepatan akses, memiliki penandaan yang jelas, dan dimodel dengan layak untuk situasi gawat darurat.
3. Kecepatan berjalan penumpang ditentukan berdasarkan perhitungan densitas penumpang dan jenis sarana penyelamatan.



tidak ada penumpang atau ABK yang tidak mampu menyelamatkan diri atau kondisi mentalnya sedang bermasalah. Seluruh penumpang dan ABK telah menyatakan kompeten serta memiliki sertifikat *Basic Safety Training* (BST).

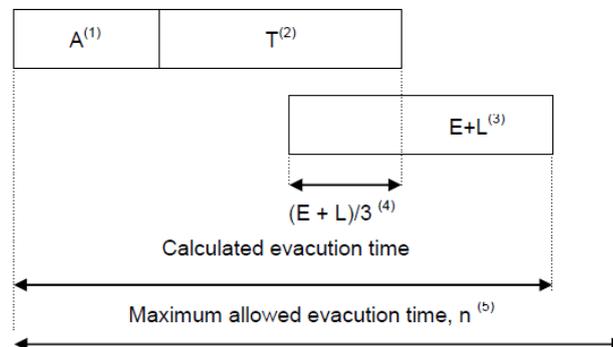
5. *Counterflow* dihitung berdasarkan faktor *counterflow*.
6. Jumlah penumpang diasumsikan 100% (terisi penuh).
7. Kemampuan seluruh sarana penyelamatan telah dipertimbangkan yaitu memenuhi kelayaklautan (*Seaworthiness*)
8. Seluruh penumpang dapat bergerak tanpa ada halangan,
9. Efek dari pergerakan 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:

1. *Awareness time* (A)
2. Perhitungan *Travel time* (T)
3. *Embarkation time* (E) and *Launching time* (L).

2.7 Performance Standard

Perhitungan *performance standard* dapat dilihat pada gambar 16 (Muhammad et al., 2012).



Gambar 13 *Performance Standard* menurut IMO

Dari skema pada gambar 16 dapat disederhanakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Total Waktu Evakuasi} = 1.25 (A+T) + 2/3(E+L) \leq 60 \text{ menit}$$

$$E + L \leq 30 \text{ menit} \quad (1)$$

Dimana :

- Awareness time / waktu tanggap (A)
- Travel time / waktu perjalanan (T)
- Embarkation time / waktu embarkasi (E) dan Launching Time (L)



Selain menghitung waktu evakuasi untuk menyelamatkan diri, perlu diperhatikan tentang jalur keselamatan seperti *means escape*. Menurut *SOLAS Chapter II, Part D regulation 13* yang dimaksud dengan *means escape* adalah ketika seluruh orang yang ada di kapal dapat melarikan diri dengan selamat dan cepat ke dek embarkasi *lifeboat* dan *liferaft*, berikut ketentuan-ketentuannya:

1. Harus terdapat jalur untuk melarikan diri yang aman.
2. Jalur atau rute melarikan diri harus dipelihara agar kondisi aman, bebas rintangan.
3. Harus ada bantuan tambahan yang tidak kalah penting yaitu akses, penandaan yang jelas dan model yang memenuhi saat situasi darurat.

2.8 Kecepatan Berjalan

Dalam melakukan sebuah evakuasi, kecepatan berjalan merupakan hal utama untuk menentukan waktu evakuasi yang dibutuhkan. Namun pada praktinya, setiap orang memiliki kecepatan berjalan yang berbeda-beda. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan jenis kelamin atau umur. Pada setiap jenis kelamin, kecepatan pun dibagi menjadi beberapa kelompok berdasarkan rentang umur dan keterbatasan fisik. IMO menjelaskan bahwa kecepatan berjalan penumpang dan ABK telah ditentukan dengan membedakan peran, jenis kelamin, dan rentang umur. Sehingga pengambilan data kecepatan disesuaikan dengan standar IMO. Seperti kecepatan berjalan pada bidang datar yang ditunjukkan pada tabel dan kecepatan berjalan pada tangga yang ditunjukkan pada tabel 3 dan 4.

Tabel 3 Kecepatan Berjalan pada Bidang Datar

<i>Population Groups-Passengers</i>	<i>Walking speed in flat terrain</i>	
	<i>Minimum</i> (m/s)	<i>Maximum</i> (m/s)
<i>Females younger than 30 years</i>	0.93	1.55
<i>Females 30-50 years old</i>	0.71	1.19
<i>Males older than 50 years</i>	0.56	0.94
<i>Males older than 50, mobility impaired (1)</i>	0.43	0.71



<i>Females older than 50, mobility impaired (2)</i>	0.37	0.61
<i>Males younger than 30 years</i>	1.11	1.85
<i>Males 30-50 years old</i>	0.97	1.62
<i>Males older than 50 years</i>	0.84	1.4
<i>Males older than 50, mobility impaired (1)</i>	0.64	1.06
<i>Males older than 50, mobility impaired (2)</i>	0.55	0.91
<i>Crew Females</i>	0.93	1.55
<i>Crew Males</i>	1.11	1.85

Tabel 4 Kecepatan Berjalan pada Tangga

<i>Population Groups-Passengers & Crews</i>	<i>Walking speed in flat terrain</i>			
	<i>Stairs down</i>		<i>Stairs up</i>	
	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>
<i>Females younger than 30 years</i>	0.56	0.94	0.47	0.79
<i>Females 30-50 years old</i>	0.49	0.81	0.44	0.74
<i>Females older than 50 years</i>	0.45	0.75	0.37	0.61
<i>Females older than 50, mobility impaired (1)</i>	0.34	0.56	0.28	0.46
<i>Females older than 50, mobility impaired (2)</i>	0.29	0.49	0.23	0.39
<i>Males younger than 30 years</i>	0.76	1.26	0.5	0.84
<i>Males 30-50 years old</i>	0.64	1.07	0.47	0.79
<i>Males older than 50 years</i>	0.5	0.84	0.38	0.64
<i>Males older than 50, mobility impaired (1)</i>	0.38	0.64	0.29	0.49
<i>Males older than 50, mobility impaired (2)</i>	0.33	0.55	0.25	0.41
<i>Crew Females</i>	0.56	0.94	0.47	0.79
<i>Crew Males</i>	0.76	1.26	0.5	0.84

2.9 Persentase Jumlah Penumpang dan ABK



sentase jumlah penumpang dan ABK juga dapat mempengaruhi waktu Waktu evakuasi akan bertambah lama jika jumlah penumpang didominasi mpok rentang umur yang lebih tua, sedangkan waktu evakuasi akan lebih

cepat jika penumpang didominasi oleh kelompok rentang umur yang muda. Oleh karena itu IMO memberi standar persentase jumlah penumpang dan ABK.

Tabel 5 Persentase Jumlah Penumpang dan ABK

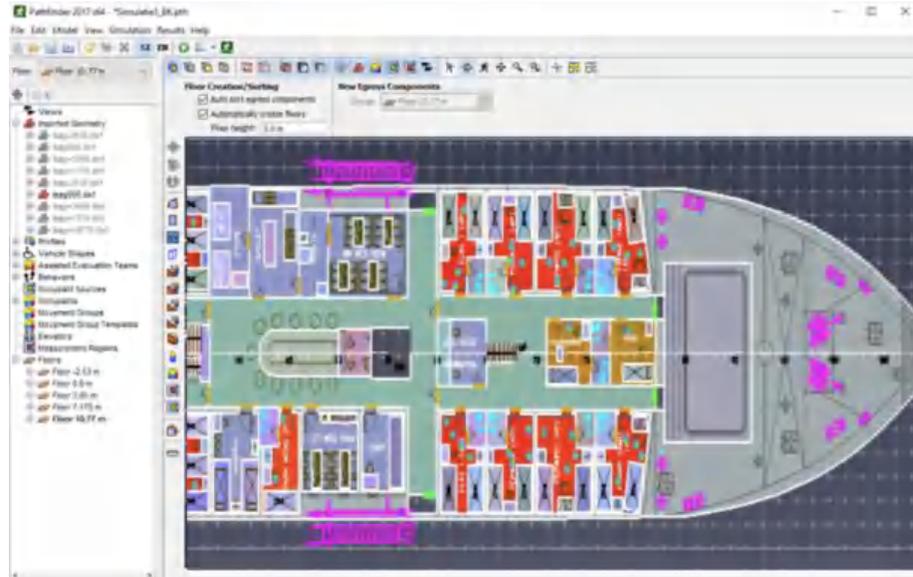
<i>Population Groups-Passengers</i>	<i>Percentage of passengers (%)</i>
<i>Females younger than 30 years</i>	7
<i>Females 30-50 years old</i>	7
<i>Females older than 50 years</i>	16
<i>Females older than 50, mobility impaired (1)</i>	10
<i>Females older than 50, mobility impaired (2)</i>	10
<i>Males younger than 30 years</i>	7
<i>Males 30-50 years old</i>	7
<i>Males older than 50 years</i>	16
<i>Males older than 50, mobility impaired (1)</i>	10
<i>Males older than 50, mobility impaired (2)</i>	10
<i>Crew Females</i>	50
<i>Crew Males</i>	50

2.10 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.

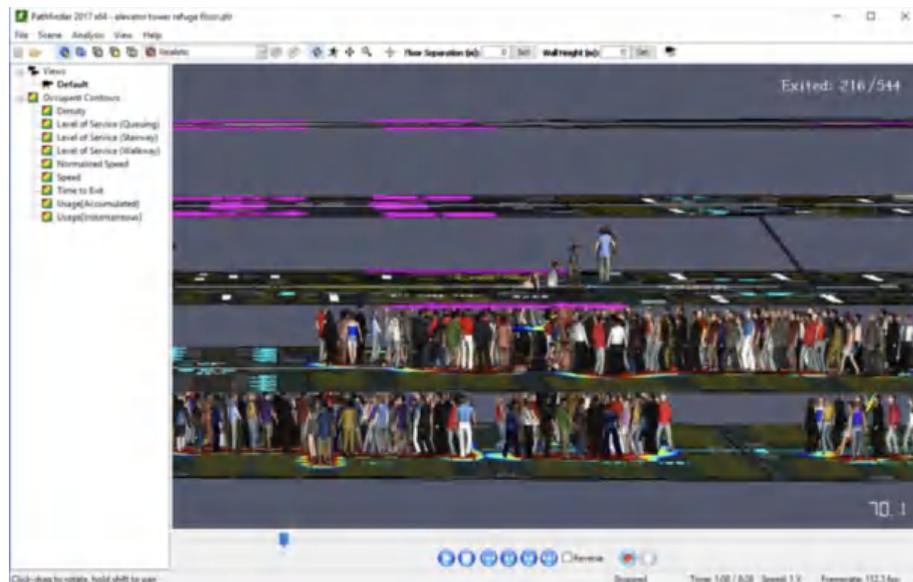
Graphical User Interface (GUI) pada *pathfinder* digunakan terutama untuk membuat dan menjalankan model simulasi. Sebuah screenshot dari antarmuka pengguna ini ditunjukkan pada Gambar 17.





Gambar 14 Tampilan *pathfinder*

Pathfinder juga mencakup program kedua yang dirancang khusus untuk visualisasi kinerja tinggi dari waktu secara 3D. 3D program hasil ditunjukkan pada Gambar 18.



Gambar 15 Tampilan visualisasi simulasi pada *pathfinder*

Gambar 18 penumpang berkumpul di area perlindungan sebelum melanjutkan ke lift. Transparansi dari program digunakan untuk membantu pandangan ng terhadap dinding pelindung.



Lingkungan gerakan adalah *mesh* 3D, dirancang agar sesuai dengan dimensi nyata dari sebuah model bangunan. *Mesh* gerakan dapat dimasukkan secara manual atau secara otomatis berdasarkan data impor (misalnya FDS geometri).

Dinding dan daerah lain direpresentasikan sebagai *gap* dalam *mesh* navigasi. Benda-benda ini tidak benar-benar diteruskan ke simulator, tapi diwakili implisit karena penumpang tidak bisa bergerak di tempat-tempat di mana tidak ada jalan navigasi yang telah dibuat.

Pintu direpresentasikan sebagai tepi khusus *mesh* navigasi. Dalam semua simulasi, pintu menyediakan mekanisme untuk menggabungkan kamar dan jalur pencarian aliran penumpang. Bergantung pada pilihan tertentu dari simulasi, pintu juga dapat digunakan secara eksplisit untuk mengontrol aliran penumpang.

Tangga direpresentasikan sebagai ujung navigasi, jalan khusus dan bentuk segitiga. Kecepatan gerak penumpang dikurangi dengan faktor kecepatan perjalanan berdasarkan tingkat kemiringan dari tangga. Setiap tangga secara implisit mendefinisikan dua pintu. Pintu-pintu ini berfungsi sama seperti pintu lainnya di simulator, tetapi dikendalikan melalui editor tangga untuk memastikan bahwa tidak ada kesalahan geometrik dari ketidaksesuaian antara tangga dan pintu penghubung.

Penumpang diwakili sebagai silinder tegak pada pergerakannya dan gerakannya menggunakan teknik berbasis agen. Setiap penumpang mempunyai gerakan yang independen tidak bergantung satu dengan yang lain.

Dalam mode SFPE, penumpang tidak berusaha untuk menghindari satu sama lain dan diperbolehkan untuk saling merasuki, tapi pintu membatasi adanya batas aliran dan kecepatan yang dikendalikan oleh kepadatan dari penumpang (*Pathfinder Thunderhead Engineering*, 2019).

2.11 Software Pyrosim

PyroSim adalah *graphical user interface* untuk *Fire Dynamics Simulator* (FDS). Model FDS dapat memprediksi asap, suhu, karbon monoksida, dan zat lain ebakaran. Hasil dari simulasi ini telah digunakan untuk memastikan 1 bangunan sebelum konstruksi, mengevaluasi keamanan pilihan



bangunan yang ada, rekonstruksi kebakaran pasca kecelakaan penyelidikan, dan membantu dalam pelatihan petugas pemadam kebakaran.

FDS adalah simulator kebakaran hebat yang dikembangkan di *National Institute Standard and Technology* (NIST). FDS mensimulasikan skenario kebakaran menggunakan dinamika fluida komputasi (CFD) yang dioptimalkan untuk kecepatan rendah, aliran yang digerakkan secara termal. Pendekatan ini sangat fleksibel dan dapat diterapkan kebakaran mulai dari kompor hingga tangki penyimpanan minyak. Bisa juga menjadi model situasi yang tidak termasuk kebakaran, seperti ventilasi pada bangunan. FDS dan program visualisasi *smokeview* keduanya terintegrasi erat *PyroSim*.

