

## Desain *Safety and Fire Control Plan* dan Perancangan *Escape Route* pada Kapal Latih Barombong

Fauzan Arsandi<sup>1</sup>, Andi Husni Sitepu<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>*Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Indonesia*

\*Email: ocasepu@gmail.com

---

### Abstrak

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.

### Abstract

**Design of Safety and Fire Control Plan and Escape Route Planning for the Barombong Training Ship.** 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.

*Kata Kunci: Safety and fire control plan; rute evakuasi; kapal latih Barombong*

---

## 1. Pendahuluan

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 [1].

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

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 [2]. 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 [3]. 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 [4].

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 menunjukkan lokasi semua peralatan keselamatan yang ada di kapal untuk mempermudah penumpang dan ABK dalam menemukan letak alat keselamatan dan *escape route* 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.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1. Keselamatan transportasi laut

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 [5].

*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*), local, terbatas, pelabuhan dan perairan daratan yang hanya berada dalam wilayah perairan Indonesia saja [6].

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 [7].

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.

## 2.2. 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. Adapun alat keselamatan yang diatur NCVS sebagai berikut.

- *Lifebuoy*
- *Lifejacket*
- *Lifeboat*
- *Liferaft*
- *Two way VHF radio*
- *Rocket parachute flares*
- *Line-throwing appliances*
- *Red hand flares*
- *Buoyant smoke signals*
- *Search and Rescue Transponder (SART)*
- *Emergency Position Indicating Radio Beacon (EPIRB)*

Selain mengatur alat keselamatan, NCVS juga mengatur persyaratan perlengkapan pemadam kebakaran pada chapter III.

Adapun perlengkapan pemadam kebakaran yang diatur sebagai berikut.

- *Emergency Escape Breathing Devices (EEBD)*
- Pompa utama pemadam kebakaran
- Pompa pemadam kebakaran darurat
- Hidran, slang dan nosel-nosel pemadam kebakaran
- Sistem sprinkler
- Alat pendeteksi kebakaran (*heat detector* dan *smoke detector*)
- Alarm kebakaran
- Perangkat pemadam busa dan CO2 bukan portable di kamar mesin
- Perangkat pemadam kebakaran api portable
- Selimut pemadam kebakaran (*fire blanket*)
- *International Short Connection (ISC)*
- Bagan pengendali kebakaran (*fire control plan*)
- Rute untuk meloloskan diri (*escape route*)

## 2.3. 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 Maritime 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.

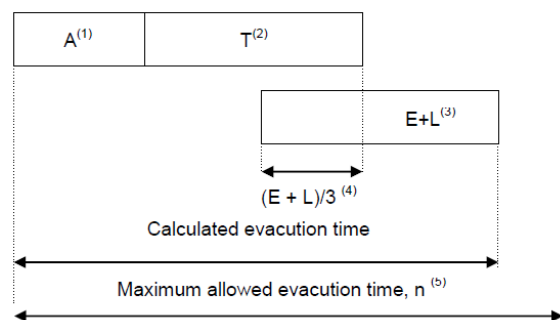
Evakuasi terdiri dari dua bagian: Pertama mengarahkan penumpang ke titik evakuasi dan kemudian jika situasi sudah memungkinkan, lifeboats dan life raft dilepaskan untuk meninggalkan kapal yang *collapse*. Bagian pertama terutama diurus dengan memberikan jalur yang memadai pada rute evakuasi dengan mempertimbangkan jumlah penumpang maupun ABK. Metode ini memiliki kelemahan: salah satu contoh adalah bahwa *open deck* tidak perlu dimasukkan ke dalam perhitungan rute evakuasi [5].

## 2.4. Ketentuan SOLAS mengenai evakuasi penumpang

Sejak Tahun 1970, IMO secara intensif mempublikasikan regulasi tentang evakuasi 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*) [8].

## 2.5. Performance standard

Perhitungan *Performance Standard* dapat dilihat pada Gambar 1 [9].



Gambar 1. *Performance Standard* menurut IMO

Dari skema pada Gambar 1 dapat disederhanakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Total Waktu Evakuasi} = 1.25 (A+T) + 2/3(E+L) \leq 60 \text{ menit, dengan } E + L \leq 30 \text{ menit}$$

Dimana:

- Awareness time / waktu tanggap (A)
- Travel time / waktu perjalanan (T)
- Embarkasi time / waktu embarkasi (E)
- 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:

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

### 2.6. Kecepatan berjalan

Dalam melakukan sebuah evakuasi, kecepatan berjalan merupakan hal utama untuk menentukan waktu evakuasi yang dibutuhkan. Namun pada praktiknya, 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 1 dan 2.

### 2.7. 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 2.

### 2.8. Software Pyrosim

*PyroSim* adalah *graphical user interface* untuk *Fire Dynamics Simulator (FDS)*. Model FDS dapat

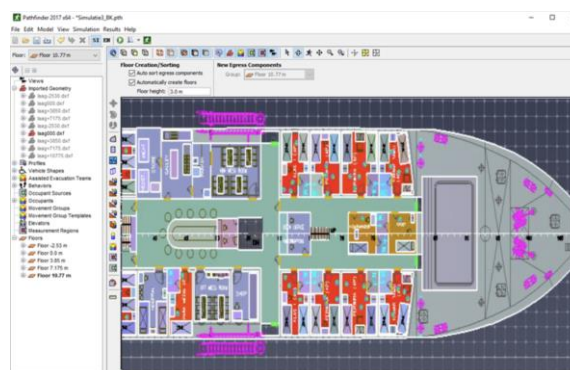
memprediksi asap, suhu, karbon monoksida, dan zat lain selama kebakaran. Hasil dari simulasi ini telah digunakan untuk memastikan keamanan bangunan sebelum konstruksi, mengevaluasi keamanan pilihan bangunan yang ada, rekonstruksi kebakaran pasca kecelakaan penyelidikan, dan membantu dalam pelatihan petugas pemadam kebakaran.

Tabel 1. Kecepatan berjalan pada bidang datar

Population Groups-Passengers	Walking speed in flat terrain	
	Minimum (m/s)	Maximum (m/s)
Females younger than 30 years	0.93	1.55
Females 30-50 years old	0.71	1.19
Females older than 50 years	0.56	0.94
Females older than 50, mobility impaired (1)	0.43	0.71
Females older than 50, mobility impaired (2)	0.37	0.61
Males younger than 30 years	1.11	1.85
Males 30-50 years old	0.97	1.62
Males older than 50 years	0.84	1.4
Males older than 50, mobility impaired (1)	0.64	1.06
Males older than 50, mobility impaired (2)	0.55	0.91
Crew Females	0.93	1.55
Crew Males	1.11	1.85

Tabel 2. Kecepatan berjalan pada tangga

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



Gambar 2. Tampilan pathfinder

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*.

### 3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Permesinan Kapal, Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Untuk menjawab rumusan masalah yang sesuai dengan tujuan penelitian, maka dilakukan proses penelitian yang sesuai dengan tahapan yang tersusun secara sistematis. Tahapan ini diawali dengan identifikasi masalah yang terkait berdasarkan studi literatur sebagai referensi dalam menjawab permasalahan, kemudian dilakukan tahapan studi kasus dimana diperoleh dari data yang telah didapatkan sehingga bisa melaksanakan pengujian serta menghasilkan kesimpulan dari penelitian ini.

Selanjutnya akan dilakukan desain *safety and fire control plan* sesuai aturan NCVS yang berlaku untuk Kapal Latih Barombong dengan menggunakan perangkat lunak *AutoCAD 2019* dengan data utama kapal dan *general arrangement* sesuai dengan data yang telah dikumpulkan. Selanjutnya, tahap ini akan membuat desain *escape route* berdasarkan aturan IMO yang berlaku dengan menggunakan perangkat lunak *AutoCAD 2019* sesuai dengan *general arrangement* Kapal Latih Barombong. Desain tersebut akan disimulasikan di perangkat lunak *Pathfinder 2023*. Setelah dilakukan perancangan *escape route*, akan dilakukan simulasi *escape route* menggunakan perangkat lunak *Pathfinder 2023* dan *Pyrosim 2023*. *Pathfinder* digunakan untuk mengetahui seberapa efektif waktu yang dibutuhkan seluruh penumpang pada saat melakukan evakuasi menuju *muster station*, sedangkan *Pyrosim* digunakan untuk membuat skenario kebakaran.

#### 3.1. Data penelitian

Data penelitian yang dilakukan meliputi : data utama kapal dan *general arrangement*. Kapal yang akan digunakan untuk objek penelitian ini adalah Kapal Latih Barombong.

#### 1. Data utama kapal

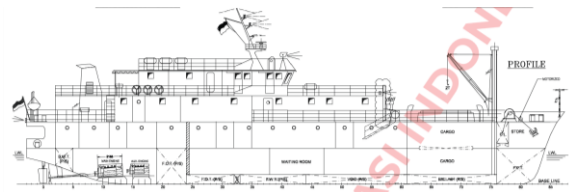
Data utama kapal dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data utama kapal

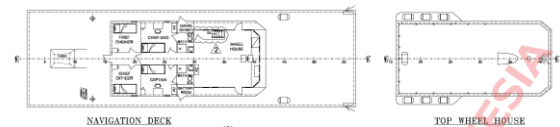
<i>Length Over All (LOA)</i>	45,10 m
<i>Length Between Perpendicular (LBP)</i>	42,50 m
<i>Breadth</i>	8,00 m
<i>Depth of Main Deck</i>	5,20 m
<i>Depth of Second Deck</i>	3,00 m
<i>Draft</i>	2,40 m
Penumpang	150 orang

#### 2. General Arrangement

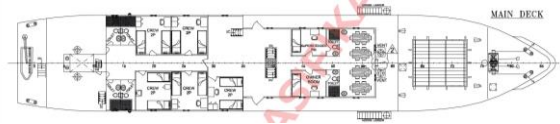
Berikut gambar *General Arrangement* Kapal Latih Barombong yang tersaji pada Gambar 3-7.



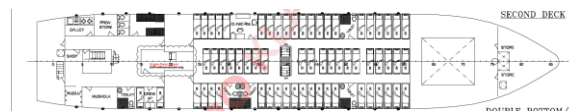
Gambar 3. Tampak samping Kapal Latih Barombong



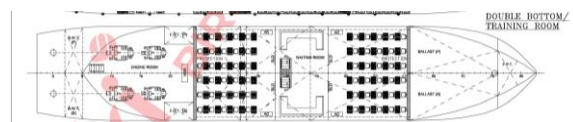
Gambar 4. *Navigation deck* dan *top wheel house* Kapal Latih Barombong



Gambar 5. *Main deck* Kapal Latih Barombong



Gambar 6. *Second deck* Kapal Latih Barombong



Gambar 7. *Double bottom / training room* Kapal Latih Barombong

#### 3.2. Simulasi menggunakan Pathfinder dan Pyrosim

*Pathfinder* adalah jalan keluar berbasis agen dan simulator pergerakan manusia. Ini menyediakan pengguna grafis antarmuka untuk desain dan eksekusi simulasi serta alat visualisasi 2D dan 3D untuk analisis hasil, sedangkan *Pyrosim* adalah salah satu software simulasi kebakaran yang menunjukkan

simulator api untuk mengetahui tindakan dan interaksi manusia.

a. Pembuatan model dan simulasi menggunakan *Pathfinder*

Pembuatan model mengacu pada rencana umum Kapal Latih Barombong pada *software AutoCAD 2019*. Gambar 8 menunjukkan *general arrangement* Kapal Latih Barombong yang dibuat di *AutoCAD 2019* dengan skala 1:1. Model tersebut akan di *import* ke *Pathfinder 2023* untuk dilakukan simulasi.



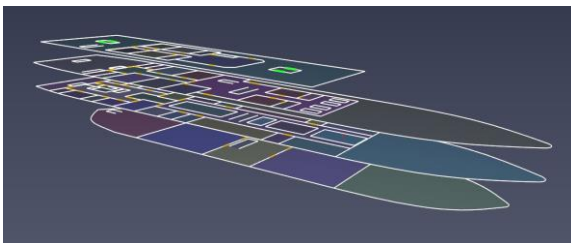
Gambar 8. *General arrangement* Kapal Latih Barombong

Penggambaran denah ruangan dibuat dengan merujuk kepada penggambaran pada *software AutoCAD 2019* sebelumnya, sesuai dengan spesifikasi *general arrangement*. Dalam penggambaran ruangan juga dilengkapi dengan akses pintu agar penumpang dapat keluar ruangan menuju titik evakuasi.



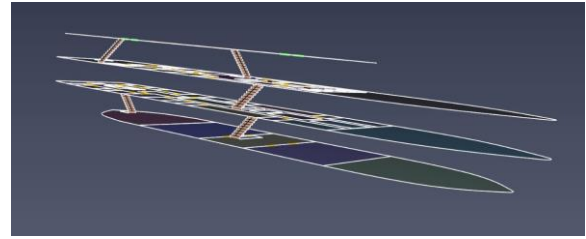
Gambar 9. Pembuatan denah ruangan *second deck* Kapal Latih Barombong

Pembuatan denah ruangan dilakukan pada semua *deck* kapal, hingga seluruh *deck* tergambar tiga dimensi pada *Pathfinder 2023* sesuai dengan *general arrangement* Kapal Latih Barombong. Untuk ketinggian ruangan sama dengan ketinggian antar *deck* yakni 2,2 meter.



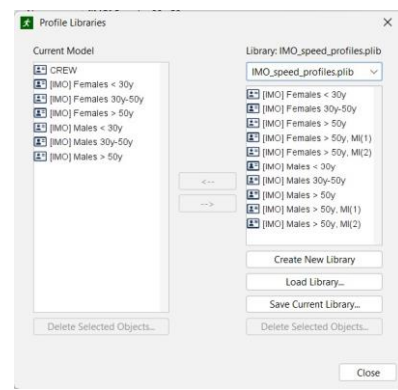
Gambar 10. Denah ruangan Kapal Latih Barombong

Tangga *straight* dibuat dengan menentukan dan meletakkan ujung-ujung tangga pada *deck* yang akan diberi akses oleh tangga.



Gambar 11. Penggambaran tangga *straight* pada *layout* kapal

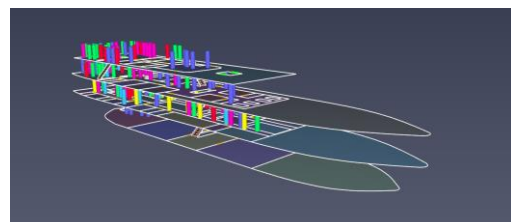
Setelah *layout* model selesai dibuat, maka langkah berikutnya adalah menambahkan penghuni yang mewakili penumpang dan ABK sebagai objek proses evakuasi dengan menggunakan standar IMO yang sudah ada pada *libraries* di *Pathfinder 2023*.



Gambar 2. Pembuatan *profile agent*

Setelah pembuatan *profile* selesai, kemudian dilakukan persebaran agen, masing-masing penghuni yang akan ditambahkan mempunyai karakteristik masing-masing sesuai dengan input parameter yang telah ditentukan seperti kecepatan berjalan dan respon waktu penghuni.

Setelah pemodelan selesai dilanjutkan dengan menjalankan simulasi evakuasi untuk mengetahui *traveling time*. Tahap selanjutnya yakni menjalankan simulasi permodelan proses evakuasi. Setelah model sudah lengkap dan siap untuk di *running* maka proses simulasi dapat segera di jalankan.



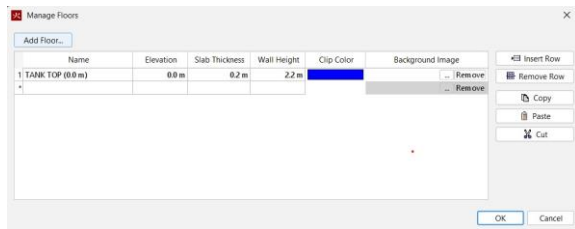
Gambar 3. Penggambaran model final

b. Simulasi kebakaran menggunakan *Pyrosim*

Pemodelan kebakaran ini dimulai dengan *import file general arrangement* Kapal Latih Barombong dari

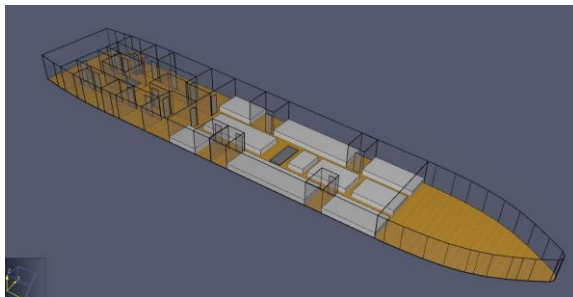
software AutoCAD 2019 dengan dimensi kapal yang sebenarnya (skala 1:1). Selanjutnya melakukan *import* gambar ke software Pyrosim dengan memilih satuan panjang sesuai dengan gambar yang sudah di skala pada software AutoCAD 2019 yaitu meter.

Setelah gambar 2 dimensi dimasukan semua, maka langkah selanjutnya membuat gambar 2 dimensi menjadi 3 dimensi dengan cara *extrude* garis hasil masukan dari AutoCAD 2019 menjadi dinding dengan tebal yang telah ditentukan.



Gambar 4. Manage floor

Gambar 15 menunjukkan sebelum memasuki penggantian material, terlebih dahulu membuat lubang pada setiap dinding maupun lantai. Lubang ini difungsikan untuk jalur ke satu ruangan ke ruangan yang lain. Lubang tersebut dapat berupa pintu maupun tangga yang mengabungkan akses pada setiap *deck*.



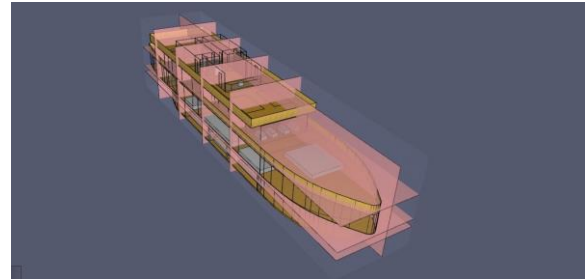
Gambar 5. Penggambaran model final

Pada permodelan kebakaran ini jenis pengelompokan material yang digunakan yakni *floor*, *externall wall*, *internal wall*. Masing-masing kelompok jenis material ini memiliki susunan material yang berbeda, mendekati material sebenarnya pada kapal.

Selanjutnya, membuat model api untuk mensimulasikan terjadinya kebakaran dan menentukan reaksi *polyurethane* sesuai dengan *SFPE Handbook*, GM 27 yang sudah tersedia pada *libraries Pyrosim* dengan detail komposisi yang sudah diterangkan sebelumnya.

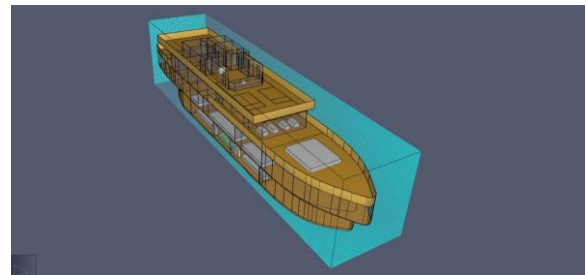
Pada Gambar 16 dapat dilihat pemasangan *slices* pada model Kapal Latih Barombong. *Slices* ini berfungsi mendapatkan luaran keadaan lingkungan

berbentuk luasan dan dapat merekam data pada saat terjadinya simulasi kebakaran. Nantinya luaran yang dihasilkan dari slice juga merupakan luasan planar slices, seperti data temperature dan jumlah asap di lingkungan yang berapa pada planar.

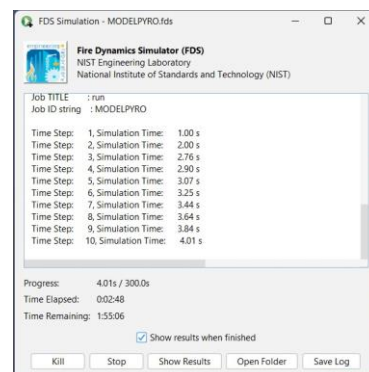


Gambar 6. Pemasangan slices pada model Kapal Latih Barombong

Langkah terakhir adalah pembuatan mesh dari permodelan kebakaran ini. *Mesh* berfungsi untuk membatasi area yang terdampak kebakaran pada permodelan ini. Dampak yang diakibatkan terhadap jumlah mesh yang dibentuk yakni semakin banyak *mesh* yang dibentuk berdampak pada proses analisa yang dilakukan oleh komputer akan memakan waktu lebih lama.



Gambar 7. Pembuatan mesh



Gambar 8. Proses running

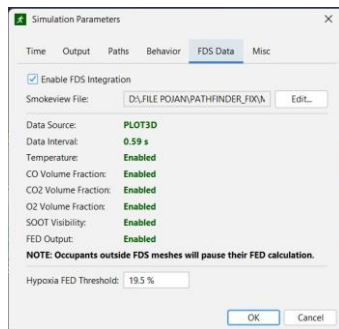
Sesudah menyelesaikan model, selanjutnya dilakukan simulasi kebakaran. Pada *Pyrosim* permodelan kebakaran sering disebut FDS (*Fire Dynamic Simulation*) ini menggunakan cara simulasi *Under Application* atau sering disebut *under OS*

maupun *under DOS*. *Pyrosim* menggunakan *under OS* dengan efek menguras kinerja komputer dan waktu pengerjaan lebih lama. Gambar 18 memperlihatkan bahwa proses *running* simulasi kebakaran menghabiskan waktu sekitar 4 jam untuk model kapal.

c. Simulasi evakuasi penumpang akibat kebakaran menggunakan *Pathfinder*

Setelah melakukan simulasi kebakaran di *software Pyrosim 2023*, selanjutnya dilakukan simulasi evakuasi penumpang akibat kebakaran menggunakan *software Pathfinder 2023*. Sebelum dilakukannya simulasi evakuasi, dilakukan pengaturan pada parameter simulasi. Parameter yang dimaksud yaitu perilaku dari setiap penghuni sesuai dengan kasus kebakaran yaitu SFPE (*Society of Fire Protection Engineering*). Pada sistem ini parameter mengontrol aliran dan antrian pada pintu. Selain itu untuk parameter selanjutnya yaitu mengatur FDS data.

Pengaturan parameter ini berfungsi untuk mengintegrasikan file FDS pada *Pyrosim* agar dapat dilakukan simulasi secara bersamaan antara kebakaran dan proses evakuasi. Setelah pemilihan parameter di lakukan run simulation untuk menjalankan proses simulasi evakuasi.



Gambar 9. Pengaturan FDS Data

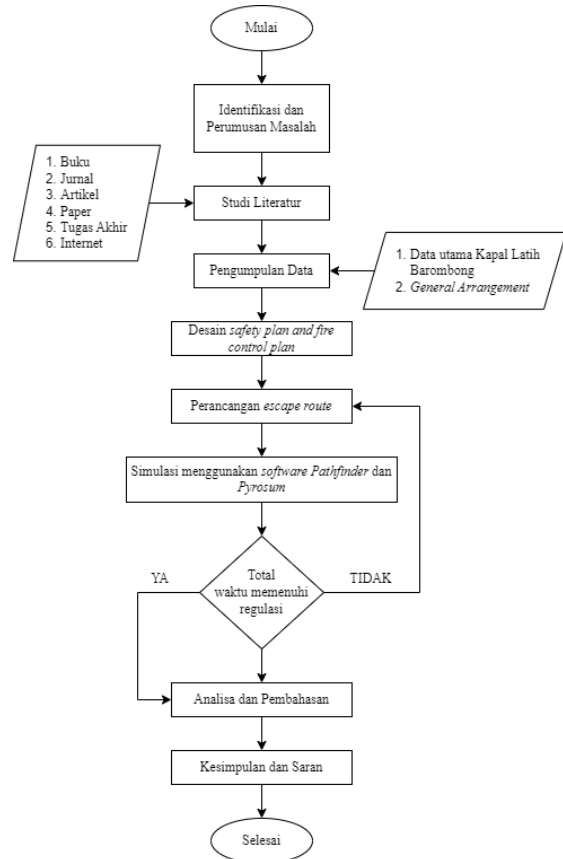
3.3. Kerangka penelitian

Kerangka penelitian dapat dilihat pada Gambar 20.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Perlengkapan alat keselamatan kapal latihan Barombong

Berdasarkan aturan NCVS *chapter IV* tentang *Life Saving Appliances (LSA)*, perlengkapan alat keselamatan Kapal Latihan Barombong yang memiliki GT sebesar 500 dengan panjang 45,10 meter sesuai dengan Pasal 80 tentang perlengkapan penolong penumpang daerah pelayaran lokal. Tabel 4 menunjukkan jumlah tiap perlengkapan alat keselamatan Kapal Latihan Barombong sesuai dengan Pasal 80.



Gambar 10. Kerangka penelitian

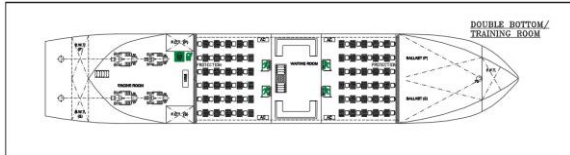
Tabel 4. Perlengkapan alat keselamatan Kapal Latihan Barombong

Alat keselamatan	Jumlah (buah)	Lokasi penempatan				
		1 <sup>st</sup> deck	2 <sup>nd</sup> deck	3 <sup>rd</sup> deck	4 <sup>th</sup> deck	5 <sup>th</sup> deck
Rescue boat	2			2		
Liferaft	12				6	6
Lifebuoy						
• Lifebuoy with self-igniting light	6			2	4	
• Lifebuoy dengan tali	2			2		
Lifejacket						
• Lifejacket dewasa	164	5	13	20	4	
• Lifejacket anak	15		5	15		
Red hand flare	6					6
Rocket parachute sign	8				8	
Smoke buoyant signal	2				2	
Line throwing apparatus	4			4		
Medical kit	1		1			
Muster station	3				3	
Peralatan komunikasi						
• Two way VHF radio telephone	3				3	
• Search and Rescue Transponder (SART)	2				2	
• Emergency Position Indicating Radio Beacon (EPIRB)	1				1	

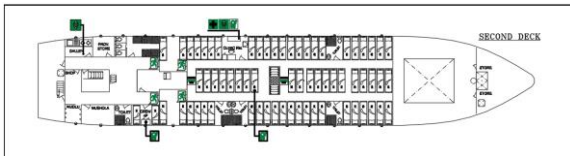


Pada Tabel 4 lokasi penempatan 1<sup>st</sup> – 5<sup>th</sup> deck, dimana berturut-turut merupakan *double bottom*, *second deck*, *main deck*, *navigation deck* dan *top wheel house*.

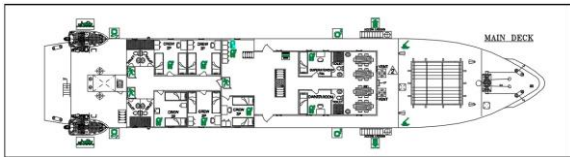
Gambar 21 hingga Gambar 24 menunjukkan desain *safety plan* Kapal Latih Barombong yang telah didesain di *software AutoCAD 2019*.



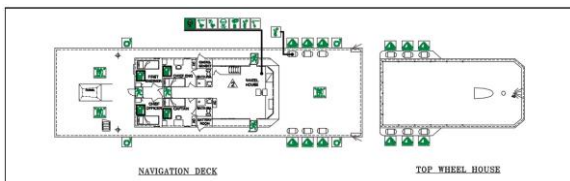
Gambar 21. Desain *safety plan* pada *double bottom / training room* Kapal Latih Barombong



Gambar 11. Desain *safety plan* pada *second deck* Kapal Latih Barombong



Gambar 12. Desain *safety plan* pada *main deck* Kapal Latih Barombong



Gambar 13. Desain *safety plan* pada *navigation deck* dan *top wheel house* Kapal Latih Barombong

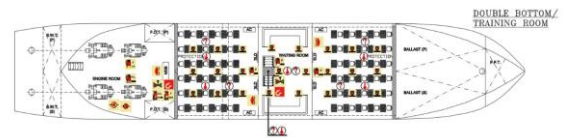
#### 4.2. Perlengkapan alat pemadam kebakaran Kapal Latih Barombong

Selain perlengkapan alat keselamatan, aturan NCVS juga mengatur tentang perlengkapan alat pemadam kebakaran pada *chapter III*, Kapal Latih Barombong harus memenuhi persyaratan sesuai dengan Pasal 50 tentang perlengkapan pemadam kebakaran kapal penumpang daerah pelayaran lokal. Tabel 5 menunjukkan jumlah tiap perlengkapan alat pemadam kebakaran Kapal Latih Barombong sesuai dengan Pasal 50. Lokasi penempatan 1<sup>st</sup> – 4<sup>th</sup> deck, berturut-turut merupakan *double bottom*, *second deck*, *main deck* dan *navigation deck*.

Tabel 5. Perlengkapan alat pemadam kebakaran Kapal Latih Barombong

Alat keselamatan	Jumlah (buah)	Lokasi penempatan			
		1 <sup>st</sup> deck	2 <sup>nd</sup> deck	3 <sup>rd</sup> deck	4 <sup>th</sup> deck
<i>Emergency Escape Breathing Devices (EEBD)</i>	5	1	2		2
<i>Fire pump</i>	2	2			
<i>Emergency fire pump</i>	1	1			
Hidran, slang dan nosel	10	2	2	5	1
<i>Sprinkler</i>	83	24	31	22	6
Alat pendeteksi kebakaran					
• <i>Smoke detector</i>	32	6	14	9	3
• <i>Heat detector</i>	32	6	14	9	3
Alarm kebakaran	9	3	4	2	
<i>Fire extinguisher</i>					
• <i>Fire extinguisher type foam 45Kg</i>	1	1			
• <i>Fire extinguisher type CO2 45L</i>	1	1			
• <i>Fire extinguisher type chemical powder 4,5Kg</i>	22	3	10	5	4
• <i>Fire extinguisher type foam 9L</i>	1	1			
• <i>Fire extinguisher type CO2 6,8Kg</i>	1	1			
<i>Fire blanket</i>	1		1		
<i>International Short Connection (ISC)</i>	1			1	

Gambar 25 hingga Gambar 28 menunjukkan desain *fire control plan* Kapal Latih Barombong yang telah didesain di *software AutoCAD 2019*.



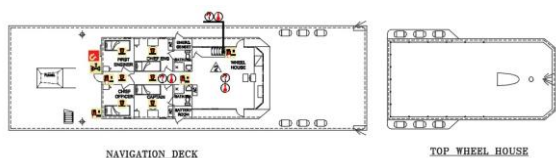
Gambar 14. Desain *fire control plan* pada *double bottom / training room* Kapal Latih Barombong



Gambar 15. Desain *fire control plan* pada *second deck* Kapal Latih Barombong



Gambar 16. Desain *fire control plan* pada *main deck* Kapal Latih Barombong



Gambar 17. Desain *fire control plan* pada *navigation deck* dan *top wheel house* Kapal Latih Barombong

#### 4.3. Perancangan jalur evakuasi Kapal Latih Barombong

Setelah pembuatan desain *safety and fire control plan* dilakukan perancangan *escape route* menggunakan *software Pathfinder 2023* dan *Pyrosim 2023*. Langkah pertama dalam perancangan jalur evakuasi yaitu dimulai dengan menentukan komposisi penumpang, kemudian membuat desain *escape route* Kapal Latih Barombong. Selanjutnya pembuatan model simulasi evakuasi dan kebakaran menggunakan *software Pathfinder 2023* dan *Pyrosim 2023*.

##### 1. Komposisi penumpang Kapal Latih Barombong

Kapal Latih Barombong merupakan kapal yang beroperasi pada kode trayek R-77 dengan kapasitas muatan 150 penumpang dan ABK. Tabel 6 merupakan pembagian penumpang berdasarkan umur dan kecepatan berjalan.

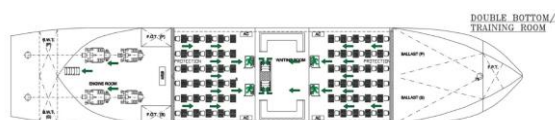
Tabel 6. Pembagian penumpang berdasarkan umur dan kecepatan berjalan

Kelompok Usia Penumpang	Jumlah penumpang (orang)	Kecepatan berjalan (m/s)	
		Minimum	Maksimal
Wanita usia <30 tahun	19	0.93	1.55
Wanita usia 30-50 tahun	32	0.71	1.19
Wanita usia >50 tahun	13	0.56	0.94
Pria usia <30 tahun	20	1.11	1.85
Pria usia 30-50 tahun	33	0.97	1.62
Pria usia >50 tahun	13	0.84	1.4
ABK	20	1.11	1.85

##### a. Desain *escape route* Kapal Latih Barombong

Desain *escape route* dibuat berdasarkan IMO untuk memberikan petunjuk bagi penghuni kapal untuk menyelamatkan diri melalui jalur penyelamatan

dengan mengacu pada SOLAS. Adapun pemilihan letak dari *muster station* berdasarkan dari SOLAS *Chapter III Regulation 25* yang mengatakan harus berada di tempat yang terbuka dengan mempertimbangkan luas area perorang sebesar 0,35m<sup>2</sup> dan dekat dari alat keselamatan yang dapat digunakan untuk mengevakuasi penghuni kapal meninggalkan kapal. Pada desain *escape route* Kapal Latih Barombong terletak pada *navigation deck*. Gambar 29 hingga Gambar 32 merupakan gambaran umum jalur evakuasi di Kapal Latih Barombong yang telah didesain di *software AutoCAD 2019*.



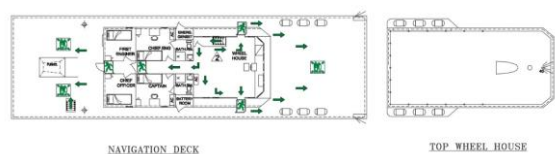
Gambar 18. Desain *escape route* pada *double bottom / training room* Kapal Latih Barombong



Gambar 30. Desain *escape route* pada *second deck* Kapal Latih Barombong



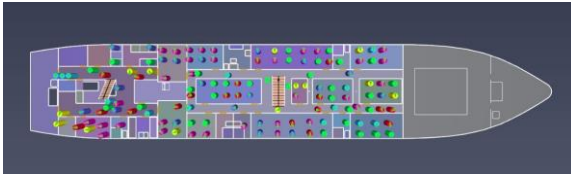
Gambar 31. Desain *escape route* pada *main deck* Kapal Latih Barombong



Gambar 32. Desain *escape route* pada *navigation deck* dan *top wheel house* Kapal Latih Barombong

##### b. Pengujian jalur evakuasi

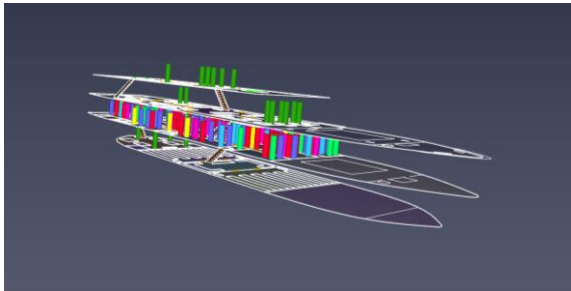
Setelah pembuatan *escape route* di *software AutoCAD 2019*, selanjutnya dilakukan simulasi evakuasi penumpang untuk menguji *escape route* yang telah dibuat. Simulasi evakuasi penumpang untuk Kapal Latih Barombong diuji menggunakan *software pathfinder* dan *pyrosim* dengan kondisi penumpang diasumsikan 100% atau 130 penumpang berada pada geladak penumpang yang terbagi dengan 30 penumpang berada di ruang layanan dan 100 penumpang berada di area istirahat.



Gambar 33. Komposisi penumpang

1) Skenario A

Simulasi dijalankan dengan kondisi semua pintu dan tangga dapat diakses oleh seluruh penumpang.



Gambar 34. Keadaan semua pintu dan tangga dapat digunakan oleh seluruh penumpang

2) Skenario B

Simulasi dijalankan dengan asumsi terjadi kebocoran kapal pada sisi kiri kapal atau *portside* akibat pelat korosi. Oleh karena itu, akses bagian sisi kiri kapal atau *portside* tidak dapat dilewati dan hanya sisi kanan kapal atau *starboard* yang dapat dilewati oleh penumpang Kapal Latih Barombong.



Gambar 35. Keadaan sisi kiri kapal ditutup dan hanya sisi kanan yang dapat digunakan oleh seluruh penumpang

3) Skenario C

Simulasi dijalankan dengan asumsi terjadi kebocoran kapal pada sisi kanan kapal atau *starboard* akibat pelat korosi. Oleh karena itu, akses bagian sisi kanan kapal atau *starboard* tidak dapat dilewati dan hanya sisi kiri kapal atau *portside* yang dapat dilewati oleh penumpang Kapal Latih Barombong.

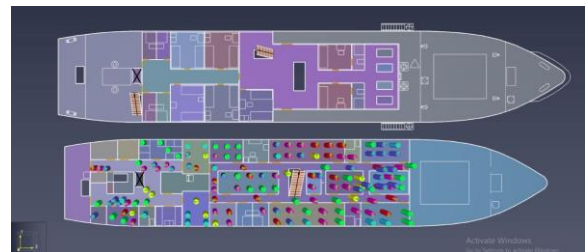
4) Skenario D

Simulasi dijalankan dengan asumsi terjadi kebakaran di dapur pada geladak penumpang bagian buritan kapal. Kebakaran terjadi disebabkan oleh adanya kebocoran gas yang mengakibatkan ledakan

dan rambatan api hingga asap tebal. Pada skenario ini, terdapat salah satu tangga yang dapat digunakan menuju ke geladak utama yang letaknya berada dekat dengan dapur tidak dapat diakses karena adanya asap tebal dan suhu panas yang tinggi dapat membahayakan pergerakan evakuasi penumpang.



Gambar 36. Keadaan sisi kanan kapal ditutup dan hanya sisi kiri yang dapat digunakan oleh seluruh penumpang

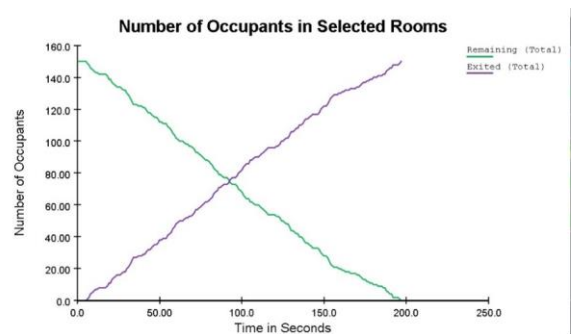


Gambar 37. Kebakaran dapur di geladak penumpang

4.4. Hasil simulasi

1. *Time to exit* (waktu pergerakan menuju titik kumpul)

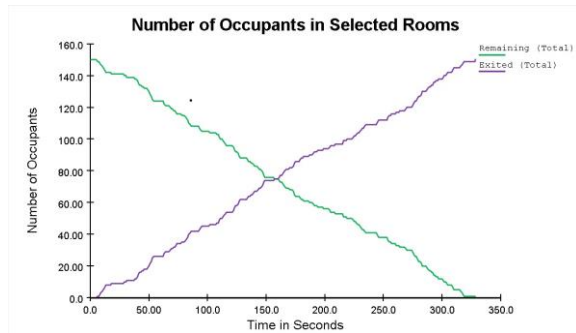
*Time to exit* merupakan sebuah grafik yang menunjukkan waktu pergerakan penumpang ke titik kumpul.



Gambar 38. Jumlah penumpang dan waktu yang dibutuhkan sampai ke titik kumpul pada skenario A

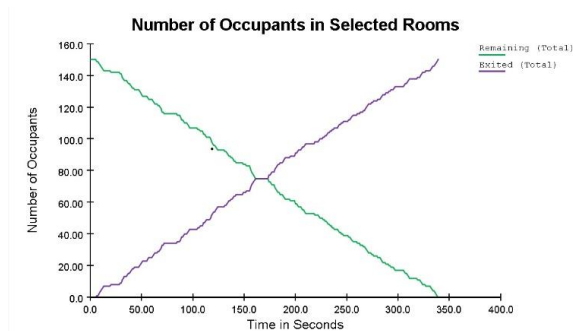
Gambar 38 merupakan grafik untuk skenario A dimana, dapat dianalisa bahwa pada titik pertemuan antara dua garis menunjukkan bahwa penumpang yang telah sampai dititik kumpul mencapai setengah dari jumlah penumpang yaitu 75 orang dengan waktu tempuh selama 93 detik, sehingga Kapal Latih Barombong membutuhkan waktu setidaknya 197

detik untuk mengevakuasi 130 orang penumpang dan 20 orang ABK menuju ke *muster station* yang telah ditentukan.



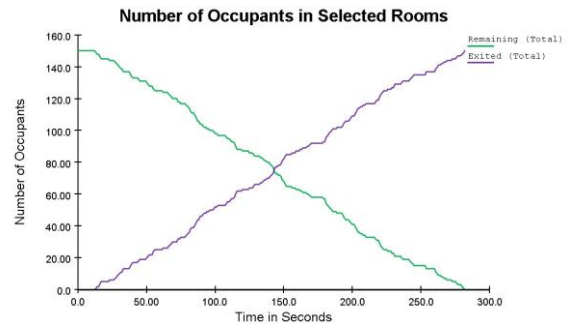
Gambar 39. Jumlah penumpang dan waktu yang dibutuhkan sampai ke titik kumpul pada skenario B

Gambar 39 merupakan grafik untuk skenario B dimana, dapat dianalisa bahwa pada titik pertemuan antara dua garis menunjukkan bahwa penumpang yang telah sampai dititik kumpul mencapai setengah dari jumlah penumpang yaitu 75 orang dengan waktu tempuh selama 159 detik, sehingga Kapal Latih Barombong membutuhkan waktu setidaknya 328,3 detik untuk mengevakuasi 130 orang penumpang dan 20 orang ABK menuju ke *muster station* yang telah ditentukan.



Gambar 40. Jumlah penumpang dan waktu yang dibutuhkan sampai ke titik kumpul pada skenario C

Gambar 40 merupakan grafik untuk skenario C dimana, dapat dianalisa bahwa pada titik pertemuan antara dua garis menunjukkan bahwa penumpang yang telah sampai dititik kumpul mencapai setengah dari jumlah penumpang yaitu 75 orang dengan waktu tempuh selama 167,75 detik, sehingga Kapal Latih Barombong membutuhkan waktu setidaknya 339 detik untuk mengevakuasi 130 orang penumpang dan 20 orang ABK menuju ke *muster station* yang telah ditentukan.



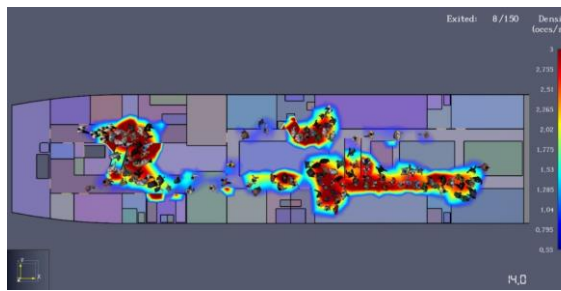
Gambar 41. Jumlah penumpang dan waktu yang dibutuhkan sampai ke titik kumpul pada skenario D

Gambar 41 merupakan grafik untuk skenario D dimana, dapat dianalisa bahwa pada titik pertemuan antara dua garis menunjukkan bahwa penumpang yang telah sampai dititik kumpul mencapai setengah dari jumlah penumpang yaitu 75 orang dengan waktu tempuh selama 143 detik, sehingga Kapal Latih Barombong membutuhkan waktu setidaknya 276 detik untuk mengevakuasi 130 orang penumpang dan 20 orang ABK menuju ke *muster station* yang telah ditentukan.

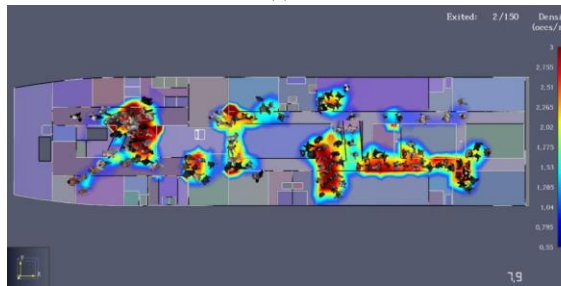
## 2. Density (kepadatan)

*Density* merupakan tempat orang-orang yang menempati suatu tempat tertentu atau daerah yang mengapit banyaknya penumpang yang berkumpul. Tingkat kepadatan penumpang berkisar antara 0.55 occs/m<sup>2</sup> sampai dengan 3 occs/m<sup>2</sup>. Gradiant warna pada gambar 55 menunjukkan tingkat kepadatan penumpang yang sedang melakukan pergerakan dimana pada warna biru menunjukkan tingkat kepadatan penumpang terendah yaitu 0.55 occs/m<sup>2</sup> dan tertinggi berwarna merah sebesar 3 occs/m<sup>2</sup> yang terjadi pada koridor sekitar pintu dan tangga naik akibat terjadi antrean untuk menuju ke *deck* lainnya.

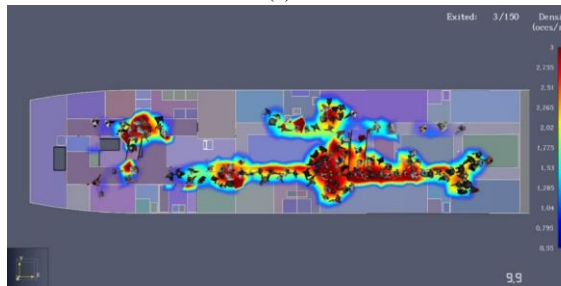
Adapun potensi kegagalan evakuasi yang bisa saja terjadi di lokasi dengan kepadatan penumpang, seperti tangga menuju *muster station*. Kepadatan ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti lebar pintu dan tangga sesuai *layout* desain Kapal Latih Barombong dimana lebar pintu bervariasi antara 0,6 meter dan 1 meter dan lebar tangga bervariasi antara 0,75 meter dan 1 meter. Selain itu, kurangnya jumlah akses yang memadai untuk menampung jumlah penumpang yang besar dan perilaku penumpang yang panik atau tidak terkoordinasi juga dapat memperburuk situasi, menghambat proses evakuasi yang efektif dan aman dalam keadaan darurat.



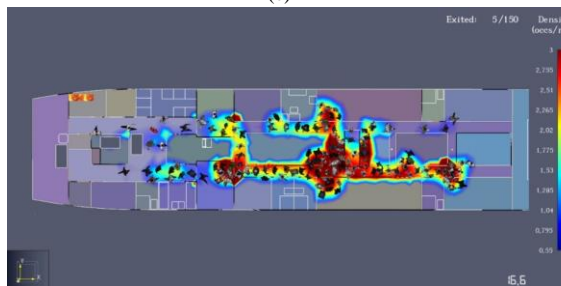
(a)



(b)



(c)



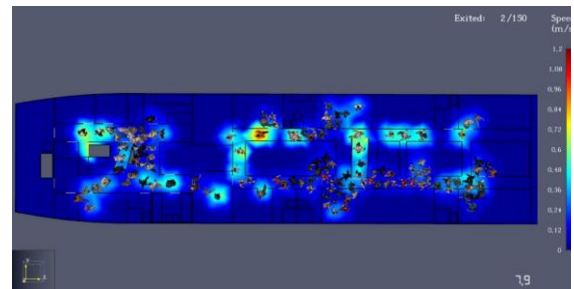
(d)

Gambar 42. Jumlah penumpang dan waktu yang dibutuhkan sampai ke titik kumpul pada beberapa skenario : (a) skenario A, (b) skenario B, (c) skenario C dan (d) skenario D

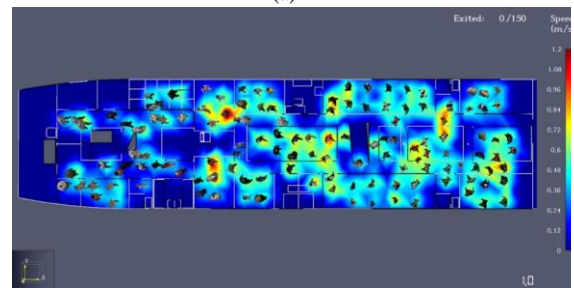
### 3. Speed (kecepatan)

Speed atau kecepatan merupakan pergerakan dari titik awal penumpang sampai ke titik akhir. Kecepatan penumpang berkisar antara 0 m/s sampai dengan 1.2 m/s. Gradiant warna pada gambar 43 menunjukkan tingkat kecepatan penumpang yang sedang melakukan pergerakan dimana warna biru menunjukkan tingkat kecepatan terendah yaitu 0 m/s karena terjadi penumpukan penumpang yang ingin menuju ke deck lainnya di sekitar area pintu dan tangga akibat lebar pintu yang memiliki lebar antara 0,6 meter dan 1 meter beserta tangga yang memiliki lebar antara 0.75 meter dan 1 meter. Warna merah

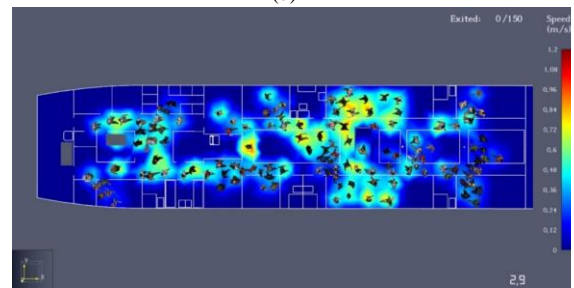
menunjukkan tingkat kecepatan tertinggi yaitu 1.2 m/s yang diakibatkan tidak adanya hambatan dalam pergerakan penumpang.



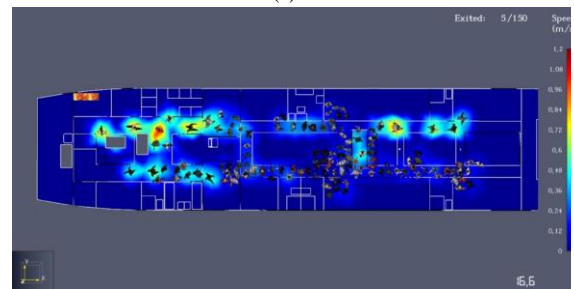
(a)



(b)



(c)



(d)

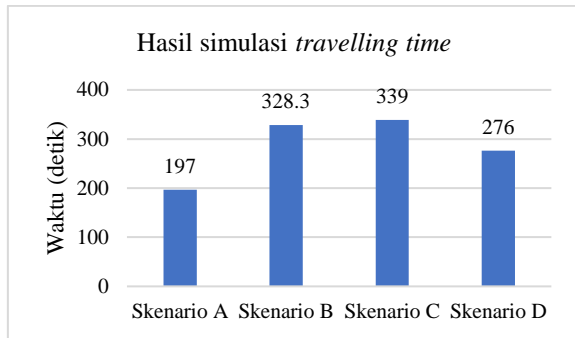
Gambar 43. Jumlah penumpang dan waktu yang dibutuhkan sampai ke titik kumpul pada beberapa skenario : (a) skenario A, (b) skenario B, (c) skenario C dan (d) skenario D

### 4.5. Total waktu pergerakan penumpang

Pada Tabel 7 dapat dilihat total waktu pergerakan (*travelling time*) penumpang dan ABK pada semua skenario.

Tabel 7. Hasil simulasi *travelling time*

Skenario	Total waktu pergerakan (detik)
A	197
B	328,3
C	339
D	276



Gambar 44. Hasil simulasi travelling time

Gambar 44 merupakan diagram hasil dari simulasi evakuasi berupa waktu *travelling time* yang nantinya akan diolah untuk dijadikan waktu evakuasi. Pada grafik tersebut dapat dilihat waktu yang dibutuhkan penumpang sampai ke titik kumpul (*muster station*) berbeda-beda tiap skenario. Pada skenario A selama 197 detik, skenario B selama 328,3 detik, skenario C selama 339 detik dan skenario D selama 276 detik. Durasi pergerakan penumpang dan ABK berbeda-beda pada setiap skenario. Hal ini dipengaruhi oleh perbedaan usia, jenis kelamin dan kecepatan penumpang dan ABK yang berbeda-beda.

#### 4.6. Perhitungan total waktu evakuasi

Setelah mendapat *travelling time* pada setiap skenario dilakukan perhitungan untuk mengetahui *evacuation time* menggunakan standar regulasi IMO. Adapun perhitungannya menggunakan persamaan (1) sebagai berikut:

– Kejadian di siang hari:

$$\text{Total waktu evakuasi} = 1,25 (A+T) + 2/3 (E+L)$$

Dimana:

$$A = 5 \text{ menit (terjadi di siang hari)}$$

$$E + L = 30 \text{ menit}$$

$$T = 197 \text{ detik atau } 3,17 \text{ menit}$$

Sehingga

$$\begin{aligned} \text{Total waktu evakuasi} &= 1,25 (5 \text{ menit} + 3,17 \text{ menit}) + \\ &20 \text{ menit} \\ &= 30,3 \text{ menit} \end{aligned}$$

– Kejadian di malam hari:

$$\text{Total waktu evakuasi} = 1,25 (A+T) + 2/3 (E+L)$$

Dimana:

$$A = 10 \text{ menit (terjadi di malam hari)}$$

$$E + L = 30 \text{ menit}$$

$$T = 197 \text{ detik atau } 3,17 \text{ menit}$$

Sehingga

$$\begin{aligned} \text{Total waktu evakuasi} &= 1,25 (10 \text{ menit} + 3,17 \text{ menit}) \\ &+ 20 \text{ menit} \\ &= 36,5 \text{ menit} \end{aligned}$$

Tabel 8. Hasil perhitungan waktu evakuasi

Skenario	Total waktu pergerakan	
	Siang	Malam
A	30,3 menit (30 menit 18 detik)	36,5 menit (36 menit 30 detik)
B	32,85 menit (32 menit 51 detik)	39,10 menit (39 menit 6 detik)
C	32,98 menit (32 menit 59 detik)	39,24 menit (39 menit 15 detik)
D	31,70 menit (31 menit 42 detik)	37,95 menit (38 menit 57 detik)

Tabel 8 merupakan hasil perhitungan waktu evakuasi penumpang dan ABK Kapal Latih Barombong. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa secara keseluruhan 4 skenario tersebut memenuhi standar yang ditetapkan dalam regulasi IMO yaitu membatasi untuk melakukan evakuasi tidak melebihi 60 menit bagi kapal penumpang yang memiliki zona vertikal tidak lebih dari 3 buah atau dengan kata lain telah memenuhi syarat dari segi rancangan dan peletakan kursi, lebar jalur evakuasi serta ketersediaan pintu, lebar pintu, dan akses penyelamatan diri penumpang.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian desain *safety and fire control plan* dan perancangan *escape route* Kapal Latih Barombong, maka dapat disimpulkan bahwa desain *escape route* yang didesain untuk Kapal Latih Barombong yang disimulasikan dengan beberapa skenario memenuhi standar regulasi waktu evakuasi yang ditentukan oleh IMO yaitu tidak melebihi dari 60 menit untuk kapal penumpang. Pada penelitian ini, berdasarkan hasil simulasi menggunakan *software Pathfinder 2023*, skenario A membutuhkan waktu evakuasi selama 30,30 menit pada siang hari dan 36,50 menit pada malam hari. Skenario B membutuhkan waktu evakuasi selama 32,85 menit pada siang hari dan 39,10 pada malam hari. Skenario C membutuhkan waktu evakuasi selama 32,98 menit pada siang hari dan 39,24 menit pada malam hari dan skenario D membutuhkan waktu evakuasi selama 31,70 menit pada siang hari dan 37,95 menit pada malam hari. Dari hasil simulasi tersebut, keempat skenario memenuhi standar waktu evakuasi yang ditentukan oleh IMO.

## Referensi

- [1] K. P. R. I. Biro Komunikasi dan Informasi Publik, "Waspada Cuaca Ekstrem untuk Menjamin Keselamatan Pelayaran." [Online]. Available: <https://dephub.go.id/post/read/waspada-cuaca-ekstrem-untuk-menjamin-keselamatan-pelayaran>
- [2] Republik Indonesia, *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 7 Tahun 2013 tentang Kewajiban Klasifikasi bagi Kapal Berbendera Indonesia pada Badan*

- Klasifikasi*. Indonesia: Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2013, p. 8.
- [3] Republik Indonesia, *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran*. Indonesia: Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2008, p. 60.
- [4] Republik Indonesia, *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 54 Tahun 2021 tentang Pengesahan Gambar Rancang Bangun Kapal, Pelaksanaan dan Pengawasan Pembangunan dan Pengerjaan Kapal*. Indonesia: Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2021, p. 36.
- [5] R. T. Wijaya, "Analisa Evakuasi Penumpang dan ABK Kapal PT. Pelni dalam Kondisi List dan Kebakaran," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.
- [6] Republik Indonesia, *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor KM 65 Tahun 2009 tentang Standar Kapal Non Konvensi (Non Convention Vessel Standard) Berbendera Indonesia*. Indonesia: Kementerian Perhubungan, 2009.
- [7] H. Utomo, "Siapa yang Bertanggung Jawab Menurut Hukum dalam Kecelakaan Kapal," *J. Legis. Indones.*, vol. 14, no. 1, pp. 57–76, 2017, doi: 10.54629/jli.v14i1.75.
- [8] N. Hadi, "Studi Analisis Waktu Evakuasi pada Kapal Penumpang Ferry Ro-ro 5000 GT Jalur Pelayaran Merak – Bakauheni," *J. Penelit. Engineering*, vol. 21, no. 1, pp. 1–10, 2017, doi: 10.25042/jpe.052017.01.
- [9] A. H. Muhammad, D. Paroka, R. Sutomo, and N. Daud, "Studi Jalur Evakuasi pada Kapal Penyeberangan Antar Pulau," in *Seminar Nasional Teori dan Aplikasi Teknologi Kelautan*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), 2012, pp. 1–8.