

Redesain *Escape Route* Dan Perlengkapan Keselamatan pada Kapal Pinisi Sesuai Standar NCVS (*Non-Convention Vessel Standard*) Studi Kasus KLM Elysian

Baharuddin^{1*}, Andi Husni Sitepu², Wahyu Wardana³

^{1,2}Departemen Teknik Ssitem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Indonesia

³Mahasiswa Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Indonesia

*Corresponding Author: baharmarine@eng.unhas.ac.id

Abstract

Some tourists visiting Labuan Bajo for recreation prefer to stay on the Pinisi ship. As a tourist facility, the safety of passengers and ships is a significant priority for users. KLM Elysian is a Pinisi ship built in 2002 as a passenger ship and has been modified in 2022 to become a tourist passenger ship. However, the existing ship's general arrangement design has yet to meet the Non Convention Vessel Standard (NCVS) outlined by the Ministry of Transportation as safety standards for motor sailing ships, especially in the ship engine room. Hence, it can endanger the ship's crew and passengers if an emergency occurs. The engine room of KLM Elysian has only one door access from the crew room, where the access is in the form of a vertical ladder from the kitchen on the main deck. Based on the findings, two designs that meet NCVS and SOLAS standards for evacuating ship passengers and crew are proposed. The results show that the engine room redesign has complied with NCVS by providing entry and exit and emergency access for the ship's crew. In design 1, additional access is located on the left side of the main engine, the rear of the left auxiliary engine and the vertical ladder in front of the right auxiliary engine. In design 2, additional access is at the rear of the engine room bulkhead on the left side of the main engine, and the vertical ladder from the engine room to the main deck is close to the steering shaft. Based on the simulation results, design 1 requires an evacuation time of 29.00 minutes, while design 2 requires 29.15 minutes. Hence, all two designs meet the evacuation time requirements determined by SOLAS, which is less than 60 minutes.

Keywords: Pinisi; Motor Sailing Ship; Ship Safety; NCVS

Article Info

Article History:

Received 12 April 2024

Revised 31 May 2024

Accepted 29 June 2024

Available online 30 June 2024

1. Pendahuluan

Labuan Bajo adalah Ibukota dari Kabupaten Manggarai Barat, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Labuan Bajo terletak di ujung barat Pulau Flores dan saat ini menjadi titik kumpul dan pintu keluar-masuk wisatawan yang menuju kawasan Taman Nasional Komodo (Pulau Komodo, Pulau Rinca, Pulau Padar, Gilimotang, Pulau-Pulau Kecil dan perairan laut sekitarnya) dan daratan Flores. Pada tahun 2021, Badan Pusat Statistik Nusa Tenggara Timur mencatat setidaknya ada 216.658 wisatawan mancanegara dan domestik yang berkunjung ke Labuan Bajo dan kemudian meningkat sebesar 16.53% menjadi 259.574 wisatawan pada tahun 2022 [1]. Wisatawan yang mengunjungi Taman Nasional Komodo lebih memilih menginap di kapal terutama kapal Pinisi atau *live on board* daripada menginap di hotel dan fasilitas penginapan lainnya di Kota Labuan Bajo [2],[3]. Sekitar 60% dari jumlah wisatawan yang berkunjung ke Labuan Bajo menginap di kapal pinisi saat mengunjungi Pulau Komodo. Jumlah kapal pinisi yang beroperasi di Labuan Bajo secara legal saat ini mencapai 614 kapal [4].

Kapal Pinisi merupakan salah satu alternatif moda transportasi yang digunakan untuk mengeksplorasi potensi pariwisata. Namun demikian, kapal ini masih memiliki kekurangan yang mengakibatkan terjadinya kecelakaan pelayaran [5]. Beberapa diantaranya adalah stabilitas kapal yang tidak baik ketika berhadapan

dengan cuaca buruk dan gelombang tinggi [6]. Kebocoran kapal di ruang mesin akibat hantaman ombak besar di lambung kapal yang menyebabkan kapal tenggelam [7].

Direktorat Jenderal Perhubungan Laut telah mengeluarkan kebijakan dalam pencegahan kecelakaan kapal seperti membuat maklumat pelayaran tentang peningkatan pengawasan keselamatan pelayaran bagi kapal penumpang, membuat maklumat tentang kondisi cuaca perairan di Indonesia seperti telegram perihal kesiapan cuaca buruk di laut [8].

KLM. Elysian merupakan kapal Pinisi yang dibangun pada tahun 2002 sebagai kapal penumpang dan dimodifikasi menjadi kapal penumpang wisata pada tahun 2022. Namun demikian, desain kapal hasil modifikasi belum memenuhi standar keselamatan untuk Kapal Layar Motor yaitu *Non-Conventional Vessel Standard* (NCVS) sehingga berpotensi membahayakan kru kapal dan penumpang jika terjadi keadaan darurat. Ruang mesin KLM. Elysian hanya memiliki satu akses berupa pintu dari kamar kru dimana akses tersebut berupa tangga vertikal dari dapur yang ada di main deck. Berdasarkan NCVS Bab II. dinyatakan bahwa “Kamar mesin harus dilengkapi dengan bukaan guna dilalui oleh awak kapal untuk masuk ke kamar mesin. Disamping itu dibuat pula bukaan darurat yang dapat dilalui oleh awak kapal untuk menyelamatkan diri jika terjadi kecelakaan” [9],[10].

Berdasarkan penjelasan diatas, penelitian ini dilakukan untuk menyesuaikan desain kamar mesin KLM Elysian berdasarkan pertimbangan teknis dan standar keselamatan yang berlaku.

2. Metode

Penelitian ini dilakukan dengan langkah langkah sebagai berikut. Yang pertama adalah mengumpulkan data tentang KLM Elysian (Tabel 1) yang menjadi kasus dalam penelitian ini. Data yang dikumpulkan berkaitan antara lain dengan *evacuation route*, *engine room layout*, *general arrangement* dan *ship safety plan*.

Tabel 1. Data kapal

Ukuran Utama	Ukuran Kapal	Satuan
Lenght Over All (LOA)	29.00	m
Deck Length	23.48	m
Breadth (B)	5.00	m
Depth (H)	2.70	m
Draught (T)	1.80	m
Gross Tonnage	64.00	Ton
Net Tonnage	20.00	Ton
Crew	6	Person
Passenger	11	Person

Sumber: Hasil olah data

Setelah pengumpulan data dilanjutkan dengan analisa terhadap *escape route*, perlengkapan keselamatan, ruang mesin KLM Elysian berdasarkan aturan yang tertulis pada *Non-Conventional Vessel Standards* (NCVS). Setelah mendapatkan hasil analisa, maka dilanjutkan dengan membuat redesain pada kamar mesin dan *escape routenya*. Dalam penelitian ini, dibuatkan dua skenario desain (*redesign*) *escape route* pada kapal ini. Hasil redesain di simulasi pada perangkat lunak *Pathfinder* untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk mengevakuasi seluruh penumpang dan kru kapal [11].

Standar NCVS ini merupakan langkah maju pemerintah Indonesia untuk mencapai standar keselamatan pelayaran yang lebih baik [12]. Di dalam standar ini, dijelaskan persyaratan keselamatan konstruksi kapal layar motor untuk kapal berukuran hingga 500 GT. Hal hal yang di atur dalam standar ini berkaitan dengan konstruksi kapal, layar, Mesin, pondasi mesin, akses ke kamar mesin, dan pengamanan keselamatan dalam ruang mesin. Selain itu standar ini juga mengatur tentang peralatan dan perlengkapan keselamatan kapal layar motor [13].

Selain itu, aturan keselamatan juga diatur dalam peraturan IMO [13] berkaitan dengan jalur jalur aman dan prosedur evakuasi yang harus disediakan oleh kapal jika terjadi kondisi darurat di atas kapal [14]. Lama waktu evakuasi ditentukan harus kurang dari 60 menit jika terjadi keadaan darurat di atas kapal (SOLAS) [15]. Jika waktu evakuasi lebih besar dari 60 menit, maka layout kapal sekarang (*general arrangement*) harus diredesain sedemikian sehingga didapatkan waktu evakuasi jika terjadi keadaan darurat adalah lebih kecil dari 60 menit.

3. Hasil dan Pembahasan

Langkah pertama yaitu menganalisa desain KLM. Elysian secara keseluruhan. Dimana berdasarkan hasil analisa, ruang mesin KLM Elysian hanya memiliki satu akses untuk masuk dan keluar. Desain ini tentu tidak memenuhi standar pada NCVS Bab II. Bagian I. yang menyatakan bahwa “Kamar mesin dilengkapi dengan bukaan guna dilalui oleh awak kapal untuk masuk ke kamar mesin. Disamping itu dibuat pula bukaan darurat yang dapat dilalui oleh awak kapal untuk menyelamatkan diri jika terjadi kecelakaan. Tinggi ambang bukaan untuk kamar mesin minimal 600 mm.” Pada aturan NCVS Bab II poin 35.11.2 dikatakan bahwa sekat kedap air lainnya antara ruang mesin dan ruang muat diharuskan dipasang sekat kedap air yang diperkuat dengan penegar-penegarnya. Selain itu, kamar mesin, ruang akomodasi dan ruang muat harus terpisah satu dengan lainnya oleh sekat-sekat kedap air.

Setelah itu, dilakukan pengecekan perlengkapan keselamatan di kapal saat ini seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Perlengkapan Keselamatan KLM Elysian

No.	Perlengkapan	Persyaratan	Ketersediaan
1.	Sekoci dan Rakit Penolong	ILR Kategori C 125% Pelayar.	Tersedia
2.	Rescue Boat	1 Unit Sampan bermotor.	Tersedia
3.	Lifebuoy	6 unit, 50% dilengkapi lampu yang dapat menyala sendiri, 2 unit dilengkapi tali apung.	Tersedia
4.	Lifejacket	Baju penolong kategori A yang dilengkapi lampu, peluit dan pita pemantul Cahaya (retro reflector tape). Jumlah 100% (Dewasa) + 5% Cadangan + 10% Anak-anak.	Tersedia
5.	Line Throwing Apparatus	Sarana pelontar rali dengan 3 unit proyektil dan tali atau 3 unit pistol pelontar roket dengan tali.	Tidak tersedia
6.	Pyrotechnic (Isyarat Marabahaya)	12 unit roket parasut isyarat marabahaya, 1 unit cerawat tangan merah dan 2 unit tabung asap oranye.	Tidak tersedia
7.	Search and Rescue Radar Transponder	2 unit	Tidak tersedia
8.	Two Radio Telephony	2 unit	Tersedia
9.	Sistem Patroli, Alarm, dan Komunikasi	Tersedia alarm kebakaran manual di seluruh akomodasi dan ruang layanan pada posisi yg mudah ditemukan dan dijangkau. Tersedia alarm khusus yg dioperasikan dari anjungan atau stasiun kendali. Tersedia sistem pemberitahuan umum /sarana komunikasi lain di seluruh akomodasi ,ruang layanan dan stasiun kendali kebakaran.	Tersedia
10.	Pompa Utama Kebakaran	1 unit pompa pemadam kebakaran jinjing.	Tidak tersedia
11.	Pompa Pemadam Kebakaran	1 (satu) unit pompa pemadam kebakaran darurat di luar kamar mesin dg kap. 25 m ³ /jam.	Tersedia
12.	Pemadam Busa dan CO ₂ Non Portable	Ruangan dengan mesin sebagai penggerak utama / mesin bantu \geq 750 KW dilengkapi 1 (satu) tabung pemadam busa kapasitas 45 liter dan 1 (satu) tabung pemadam CO ₂ kapasitas 45 kg. Ruangan berisi ketel pipa api dilengkapi dengan 1 (satu) tabung pemadam busa kapasitas 135 liter dan 1 (satu) liter tabung pemadam CO ₂ kapasitas 45 kg, ditempatkan sedemikian hingga bisa diarahkan ke semua bagian ruangan. Ruangan dg mesin sbg penggerak utama / mesin bantu \geq 750 KW dilengkapi 1 (satu) tabung pemadam busa kapasitas 45 liter dan 1 (satu) tabung pemadam CO ₂ kapasitas 15 kg, ditempatkan sedemikian hingga bisa diarahkan ke semua bagian ruangan.	Tidak tersedia
13.	Perlengkapan Pemadam Kebakaran Jinjing (Portable)	2 (dua) unit di tiap geladak untuk ruang akomodasi dan ruang layanan antara dinding kedap air dan dinding zona kebakaran. 1 (satu) unit di dapur yg luas geladaknya \leq 15 m ² dan 2 (dua) unit utk ruang yg lebih besar. 1 (satu) unit di tiap stasiun kendali 2 (dua) unit yg sesuai utk memadamkan kebakaran minyak pada ruang pembakaran. Ruangan yg berisi mesin sbg penggerak utama / mesin bantu \geq 750 kW dilengkapi minimal 2 (dua) unit dan tdk lebih dr 6 (enam) unit. Ruangan yg berisi mesin sebagai penggerak utama / mesin bantu \geq 750 kW dilengkapi minimal 2 (dua) unit dan tidak lebih dari 6 (enam) unit.	Tersedia
14.	Pasir	0,25 m ³ pasir / bahan kering lainnya dan sekop atau 1 (satu) tabung pemadam jinjing tambahan.	Tidak tersedia
15.	Selimut Asbestos (Fire Blanket)	2 (dua) unit karung goni yg siap dibasahkan.	Tidak tersedia
16.	Jalur Evakuasi	Tersedia di semua ruangan penumpang dan permesinan. Tersedia informasi jalur melarikan diri terdekat di setiap penumpang dan akomodasi lainnya. Jalur melarikan diri dilengkapi dengan <i>reflector</i> agar terlihat saat lampu padam. Memiliki pintu untuk melarikan diri dan jendela dengan kaca yang diperkuat serta alat pemukul kaca.	Tersedia kecuali alat pemukul kaca

Sumber: Hasil olah data.

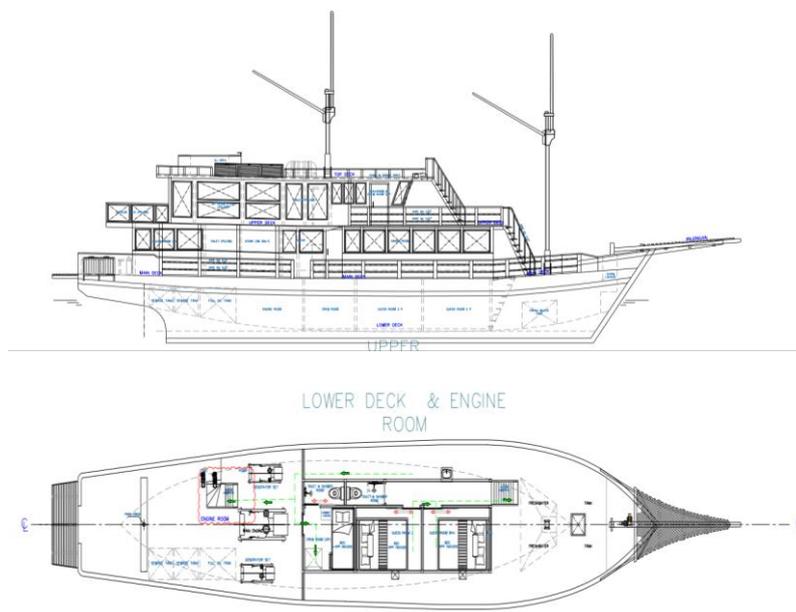
Berdasarkan tabel pengecekan perlengkapan keselamatan di kapal saat ini, diidentifikasi beberapa perlengkapan yang masih belum tersedia di kapal diantaranya adalah *line throwing apparatus*, *pyrotechnic*, *SART*, pompa utama kebakaran, *CO₂ non portable*, pasir, *fire blanket* dan informasi jalur evakuasi. Perlengkapan keselamatan ini perlu dilengkapi sesuai ketentuan yang ada agar sertifikat keselamatan kapal terpenuhi dan area pelayaran tidak lagi terbatas.

3.1 Desain *escape route* KLM Elysian

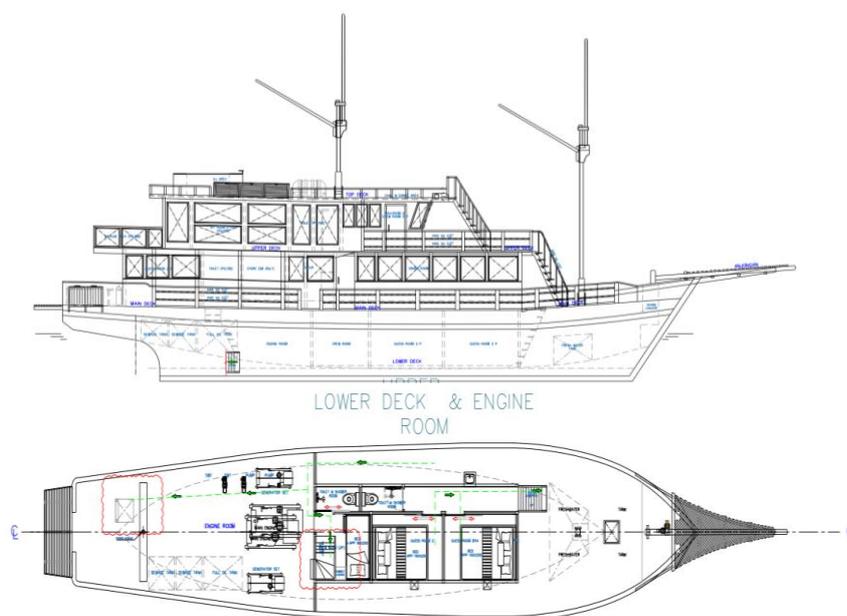
Pemodelan evakuasi kebakaran ini digunakan untuk menghitung waktu evakuasi dalam kondisi kapal pada saat kebakaran. Pemodelan ini mewakili keadaan sebenarnya di lapangan. Dalam menghitung waktu evakuasi teradapat waktu *traveling* dalam perhitungannya. Waktu *traveling* ini yang nanti dihasilkan dalam simulasi evakuasi. Pembuatan model ini sesuai dengan rencana umum kapal.

Dalam skenario kebakaran pada kapal, ditambahkan sumber api berdasarkan material yang terbakar. Selain itu model kapal juga dibuat secara tiga dimensi dengan material yang sesuai dengan kondisi lapangan. Maksud dari pemodelan kebakaran ini yaitu memberikan informasi cepat rambat panas dan kandungan asap yang dihasilkan oleh api. Pemodelan evakuasi kebakaran ini dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *Autocad* untuk membuat model kapal menggunakan informasi *general arrangement*, *Pathfinder* untuk membuat model kebakaran berdasarkan *layout* kapal yang dibuat, dan *Pyrosim* untuk simulasi proses evakuasi dari desain model 3 dimensi yang dibuat.

Pemodelan kebakaran dan simulasi evakuasi dilakukan berdasarkan informasi redesain *layout* dengan dua variasi berbeda (Gambar 1 dan 2) untuk mendapatkan hasil berupa waktu evakuasi yang terbaik. Berikut dua hasil redesain ruang mesin :



Gambar 1. Redesain 1

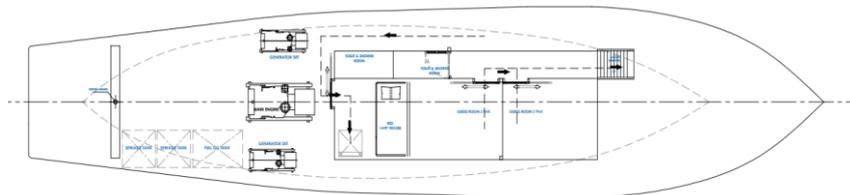


Gambar 2. Redesain 2

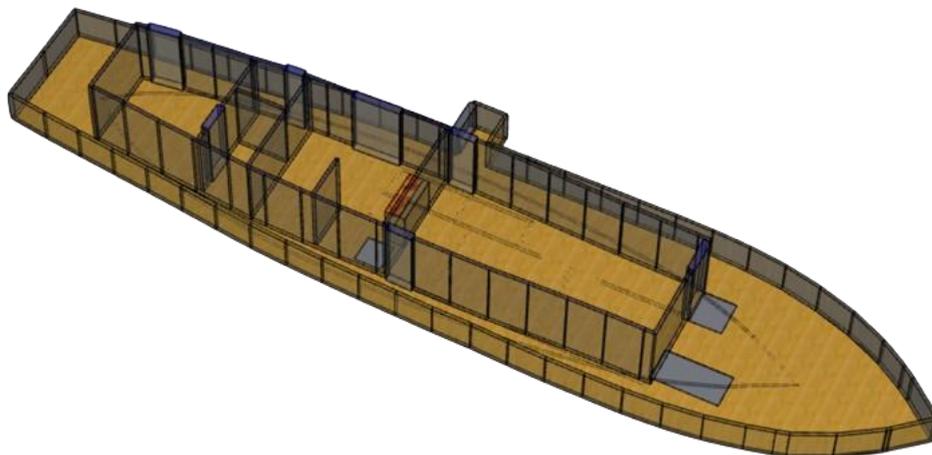
Hasil redesain 1 menunjukkan adanya penambahan akses keluar-masuk kamar mesin ke geladak utama berupa tangga bertapak di bagian kiri kamar mesin dan tangga vertikal sebesar 700 x 700 mm atau sebesar 0.49 m² yaitu di bagian belakang sekat kamar mesin. Sedangkan pada hasil redesain 2 menunjukkan adanya penambahan akses keluar-masuk kamar mesin ke geladak utama berupa tangga bertapak di bagian kanan mesin induk bagian belakang sekat kamar mesin dan tangga vertikal sebesar 700 x 700 mm atau sebesar 0.49 m² yaitu di bagian belakang mesin induk samping kiri poros kemudi.

a. *Pembuatan model dan simulasi kebakaran*

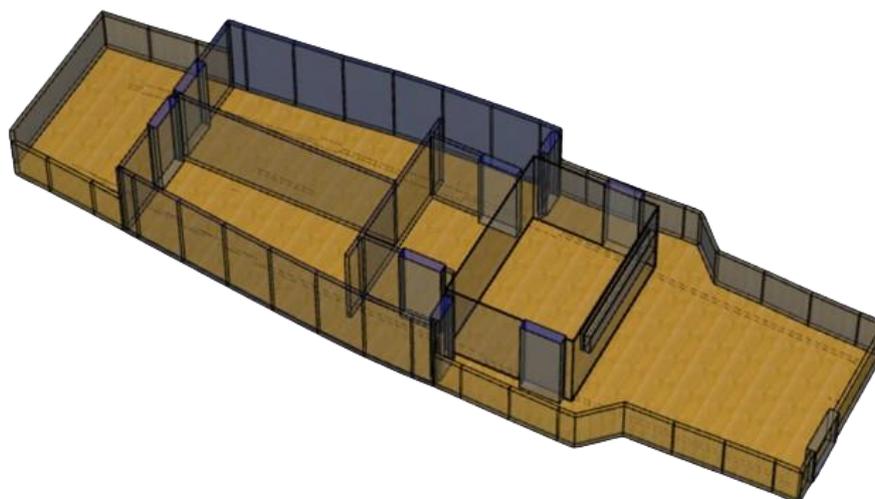
Berdasarkan hasil redesain ini, dilakukan simulasi secara bertahap yang diawali dengan pemodelan kebakaran, yaitu melakukan penggambaran ulang rencana umum 3 dimensi skala 1:1 pada setiap geladak kapal dimana dimensi gambar sesuai dengan dimensi konstruksi yang ada di kapal (Gambar 3, 4 dan Gambar 5).



Gambar 3. Rencana Umum pada Autocad



Gambar 4. Gambar 3 dimensi untuk dinding dan lubang lantai



Gambar 5. Gambar 3 dimensi untuk akses pintu, tangga dan jendela

Pada Gambar 4 dan 5 ditunjukkan bukaan bukaan yang terdapat pada kapal. Bukaan ini dibuat untuk akses pintu, akses tangga, dan jendela. Pembuatan lubang ini dimaksudkan untuk akses asap maupun api dari satu ruangan ke ruangan lain.

Pada pemodelan kebakaran juga dilakukan pengelompokan jenis material untuk alas, dinding eksternal, dinding internal, upholstery dan burner. Material pada benda-benda tersebut memiliki susunan berbeda, dan didesain mendekati jenis material yang terdapat pada kapal. Tabel 3 berikut merupakan detail dari jenis material terpasang pada kapal untuk pemodelan kebakaran.

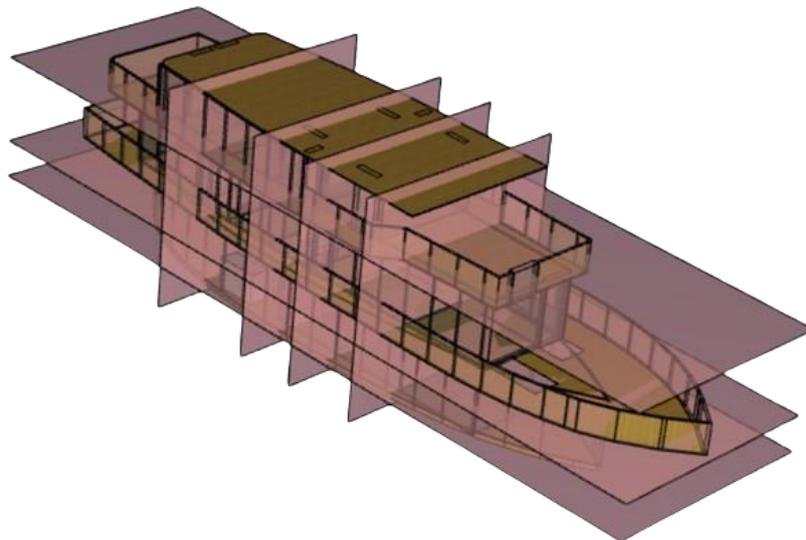
Tabel 3. Detail Material pada Pemodelan Kebakaran

Bagian konstruksi	Keterangan	Material
Alas	Material diterapkan pada lantai di setiap geladak kapal.	Yellow Pine dan PVC
Dinding Dalam	Dinding luar kapal	Yellow Pine dan PVC
Dinding Luar	Material yang diterapkan pada sekat antar ruangan	Yellow Pine dan PVC

Sumber: Hasil olah data.

Pada Tabel 3 dijelaskan komposisi material yang digunakan secara rinci. Selain itu material komposisi juga bertujuan untuk memilah berdasarkan titik nyala masing-masing material sesuai karakteristiknya yang memungkinkan material tersebut ikut terbakar oleh nyala api. Setelah semua model tiap geladak disesuaikan dengan material yang terpakai, langkah selanjutnya yaitu membuat model api untuk mensimulasikan kejadian kebakaran. Pada kasus ini, posisi letak kebakaran dimulai pada geladak kendaraan. Untuk kasus ini diasumsikan bahwa material yang mula-mula terbakar yaitu bagian mesin mobil sedan yang terletak pada geladak kendaraan. Penambahan sumber api dalam model yaitu dengan menambahkan vent pada lokasi yang akan direncanakan. Pada vent dapat dimasukkan besaran *Heat Release Rate Per Unit Area* (HRRPA) atau laju pelepasan panas per satuan luas dari permukaan ventilas. Setelah itu ditentukan reaksi polyurethane sesuai dengan *Society of Fire Protection Engineers Handbook* (SFPE Handbook).

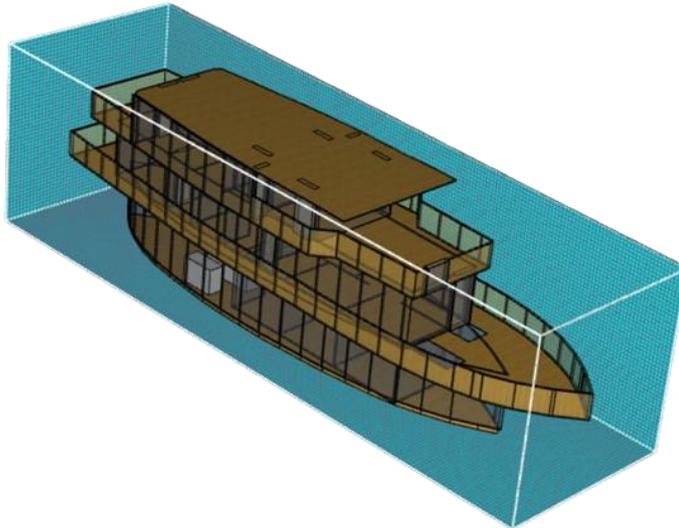
Pada Gambar 6 dari dimensi ruangan di kapal yang dibuat, dipasang *slice* yang berfungsi untuk mendapatkan luaran keadaan lingkungan berbentuk luasan dan dapat merekam data ketika simulasi dilakukan. Luaran yang dihasilkan dari *slice* juga merupakan luasan *planar slices*, seperti data temperature dan jumlah asap di lingkungan yang berapa pada *planar*.



Gambar 6. Pemasangan Slices

Langkah terakhir dari pembuatan model yaitu pembuatan *mesh* pada model kebakaran (Gambar 7). *Mesh* berfungsi dalam membatasi area yang terdampak akibat skenario kebakaran pada sebuah model. *Mesh* pada model ini dibatasi untuk satu kapal penuh dengan *open ventilation* berada di atas kapal. *Open ventilation* memiliki fungsi untuk membuka tempat keluarnya asap maupun api dari pemodelan kebakaran. Semakin besar model yang dibuat, akan semakin banyak *mesh* yang dibentuk, begitu juga sebaliknya. Dampak dari pembuatan *mesh* yang memiliki ukuran model yang besar akan berakibat pada waktu jalannya *running*. Dimana waktu yang dibutuhkan akan lebih lama.

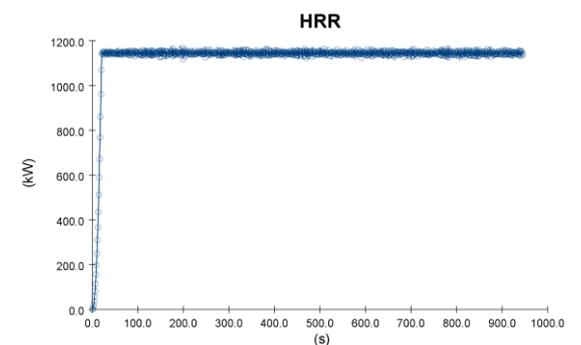
Sesudah menyelesaikan model simulasi kebakaran dilakukan pengaturan waktu dimana nantinya akan berpengaruh terhadap lamanya simulasi kebakaran itu berlangsung. Waktu yang diatur yakni 85 detik dengan memperhatikan simulasi evakuasi pada *Pathfinder* dengan jumlah penumpang dan ABK ditentukan sebanyak 17 orang.



Gambar 7. Pembuatan Mesh

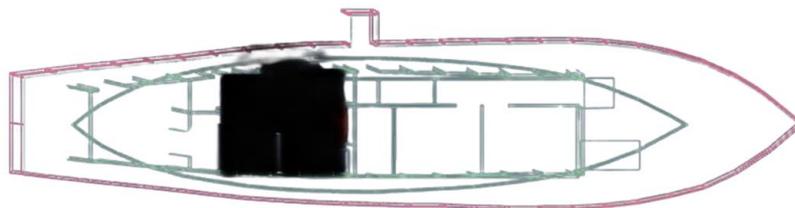
b. Hasil simulasi kebakaran

Hasil dari proses simulasi kebakaran merupakan animasi grafis dari simulasi dengan menghasilkan luaran berupa grafik *Heat Release Rate* (Gambar 8). Dari animasi dapat diperoleh berupa sebaran asap maupun laju pelepasan panas.



Gambar 8. Grafik Heat Release Rate

Dari Gambar 9, efek yang ditimbulkan dari kebakaran kendaraan di geladak utama yaitu di ruang dapur yaitu api yang tidak cukup besar namun demikian, rata-rata besaran cepat rambat panas berada pada kisaran di atas 1000 kW hingga waktu 925 detik.



Gambar 9. Penampakan Api



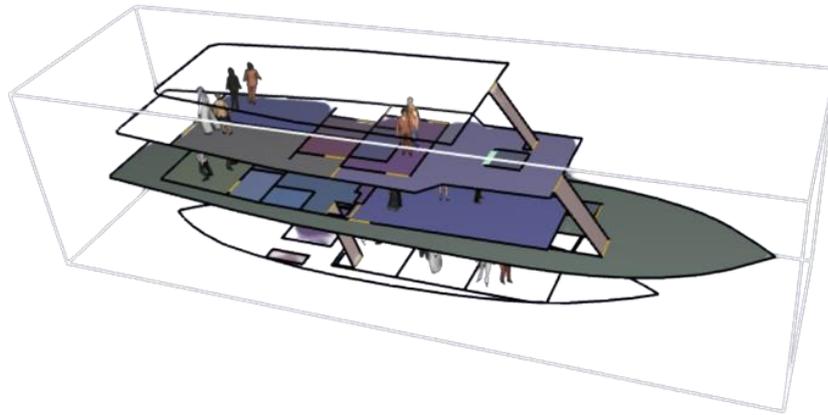
Gambar 10. Penampakan Api Keseluruhan

Pada Gambar 10 dapat dilihat dari hasil simulasi kebakaran, api yang dihasilkan tidak cukup besar namun asap yang dihasilkan cukup pekat yang dapat dilihat dari warnanya.

c. Pembuatan model dan simulasi kebakaran

Dalam proses evakuasi, perhitungan waktu evakuasi menjadi salah satu tolak ukur apakah desain layout kapal itu sudah sesuai dengan standar atau belum. Untuk menghitung waktu evakuasi dibutuhkan juga perhitungan *travel time* sesuai dengan keadaan lapangan. Simulasi kebakaran ini dilakukan agar dapat dihitung *traveling time* yang mewakili keadaan sebenarnya. Pembuatan model ini mengacu pada rencana umum dari kapal.

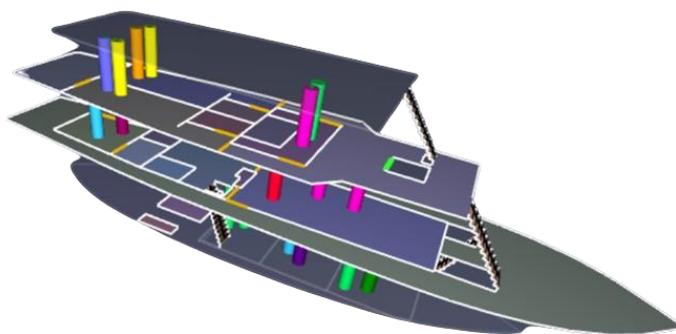
Penggambaran model 3 dimensi dilakukan pada setiap geladak kapal. Ketinggian tiap dek diatur sesuai dengan ketinggian pada rencana umum. Pada setiap geladak, dilakukan penggambaran ruangan, pemasangan pintu, tangga, dan semua yang berkaitan dengan aktivitas evakuasi, sehingga penumpang dapat mencapai titik evakuasi (Gambar 11).



Gambar 4. Pemodelan pada tiap Geladak

Pada Gambar 11, ditunjukkan bahwa telah dilakukan penambahan pintu, tangga dan pemodelan ruangan. Pintu dan tangga yang merupakan akses untuk para penumpang dan ABK juga dibuat dengan memperhatikan ukuran pada rencana umum kapal. Pemodelan dilakukan pada seluruh geladak kapal.

Setelah itu, dilakukan pembuatan profile untuk agen (representasi digital dari penumpang dan ABK) pada simulasi menggunakan standar IMO yang sudah ada pada libraries di Pathfinder. Pada tahap ini, ditentukan kecepatan berjalan, waktu reaksi, preferensi rute dan kemampuan khusus dari penumpang dan ABK, Selain itu untuk ABK dilakukan input data profile sama dengan females < 30 untuk ABK wanita dan males < 30 untuk ABK pria. Pembuatan profil agen diusahakan kesesuaian yang paling mendekati dengan realitas sebenarnya sehingga nantinya akan didapatkan simulasi evakuasi serealistis mungkin dan membantu dalam perencanaan keselamatan yang baik. Setelah pembuatan profile selesai, kemudian dilakukan persebaran agen yang diatur sesuai dengan kasus-kasus dan standar IMO. Gambar 12 di bawah ini merupakan gambaran model final yang dibuat melalui Pathfinder

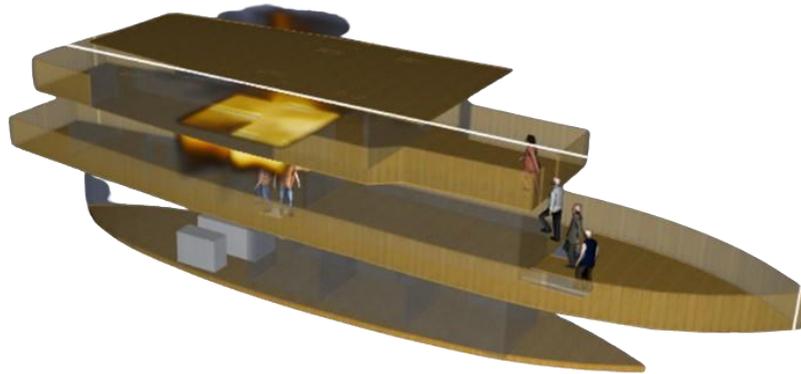


Gambar 5. Penggambaran Model Final

Pemodelan pada Gambar 12 dilakukan untuk kasus satu. Setelah pemodelan selesai dilanjutkan dengan menjalankan simulasi evakuasi. Sebelum dilakukannya simulasi evakuasi, dilakukan pengaturan pada

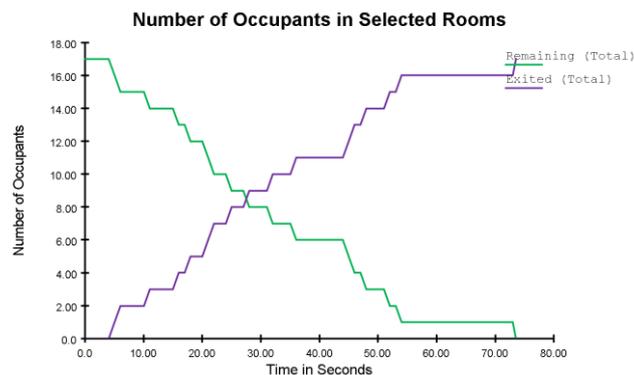
parameter simulasi. Parameter yang dimaksud yaitu perilaku dari setiap agent sesuai dengan kasus kebakaran yang terdapat pada SFPE (*Society of Fire Protection Engineering*). Pada system ini parameter mengontrol aliran dan antrian pada pintu. Selain itu untuk parameter selanjutnya yaitu mengatur FDS (*Fire Dynamics Simulator*) data. FDS data mengacu pada data dan parameter yang digunakan dalam simulasi kebakaran dengan FDS. Informasi ini termasuk geometri ruangan, material dan properti termal, sumber api, ventilasi, kondisi awal dan batas dan skenario simulasi.

Pengaturan parameter ini berfungsi untuk mengintegrasikan file FDS pada Pyrosim agar dapat dilakukan simulasi secara bersamaan antara kebakaran dan proses evakuasi. Setelah pemilihan parameter, dilakukan proses *running* untuk menjalankan proses simulasi evakuasi. Gambar 13 di bawah ini menunjukkan cuplikan video simulasi evakuasi kebakaran dimana para agen menuju exit point yang terletak pada geladak terbuka pada kasus 1.



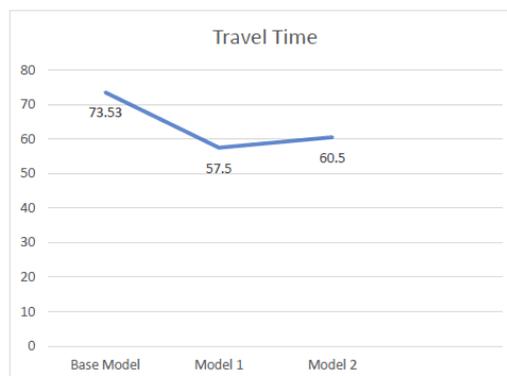
Gambar 13. Cuplikan video simulasi evakuasi kebakaran

Hasil dari simulasi evakuasi yang dilakukan dapat dilihat pada grafik *traveling time* (Gambar 14) dari *General Arrangement* (GA) kapal pada salah satu skenario.



Gambar 14. Travel Time

Pada Gambar 14, dapat dilihat bahwa *traveling time* yang dibutuhkan yaitu 73.53 detik untuk mengevakuasi 17 orang termasuk 6 orang ABK menuju *exit point* yang berada pada *liferaft*. Dari hasil simulasi didapatkan data *traveling time* sebagai berikut (Gambar 15).



Gambar 15. Grafik *Traveling Time*

Kasus yang disimulasikan disini terjadi pada siang dan malam. Dari ketiga *General Arrangement* terdapat kecenderungan penurunan waktu evakuasi.

d. Perhitungan total durasi evakuasi saat kebakaran

Setelah mendapat masing-masing *traveling time* pada setiap kasus, dilakukan perhitungan untuk mengetahui *evacuation time* menggunakan standar performa (Persamaan 1) yang sudah dikeluarkan oleh IMO.

$$\text{Waktu evakuasi} = 1.25 (A + T) + \frac{2}{3} (E + L) \leq n \tag{1}$$

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

dimana A adalah waktu untuk mendeteksi alarm (*alarm detection time*), T adalah waktu untuk mengambil tindakan atau waktu reaksi setelah mendengar alarm (*response time*), E adalah waktu untuk mencapai pintu keluar dari tempat awal (*egress time to the exit*), L adalah waktu untuk berjalan dari pintu keluar hingga ke tempat aman (*travel time to a place of safety*) dan n adalah waktu maksimum yang diizinkan atau waktu evakuasi yang diharapkan (*allowable evacuation time*).

Sebagai contoh dilakukan perhitungan pada kasus satu. Simulasi pada kasus ini menghasilkan *traveling time* sebesar 907.3 detik dimana jika dikonversikan ke menit menjadi 34.77 menit. Perhitungan waktu evakuasi sebagai berikut.

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

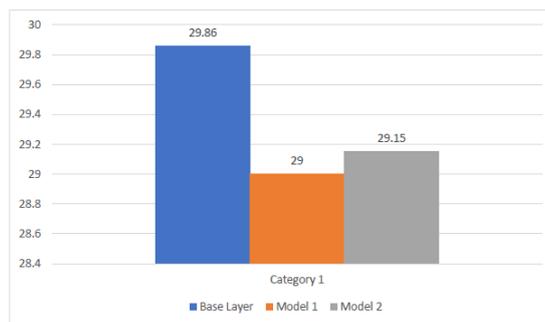
$$\text{Waktu Evakuasi} = 1.25 (5 + 2.3 \times \frac{75.53}{60}) + 2/3 (30)$$

$$\text{Waktu Evakuasi} = 36.02 \text{ menit}$$

Hasil dari waktu evakuasi pada beberapa kasus ditampilkan pada Tabel 4, sedangkan grafik waktu evakuasi ditampilkan pada Gambar 16.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Waktu Evakuasi

Kasus	Waktu Evakuasi (menit)
Ga Awal siang	29.86
Model 1 siang	29.00
Model 2 siang	29.15



Gambar 16. Grafik Waktu Evakuasi

Dalam perhitungan waktu evakuasi, IMO membatasi agar waktu untuk melakukan evakuasi tidak melebihi 60 menit untuk kapal dengan kurang dari 4 *main vertical zone*. Sehingga dari Tabel 4 dapat diketahui bahwa untuk tiga kasus tersebut memenuhi standar karena tidak melebihi 60 menit.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan maka kesimpulan yang bisa diambil adalah sebagai berikut. 1) Hasil redesain ruang kamar mesin telah memenuhi NCVS dengan dilengkapinya akses keluar-masuk dan akses darurat bagi kru kapal yaitu dengan menambahkan akses ke kamar mesin. Pada desain 1, letak penambahan akses yaitu pada bagian kiri mesin induk, bagian belakang mesin bantu sebelah kiri dan tangga vertical di depan mesin bantu kanan dengan waktu evakuasi adalah 29 menit sedangkan pada desain 2, letak penambahan akses yaitu pada bagian belakang sekat kamar mesin bagian kiri mesin induk dan tangga verti-

cal dari kamar mesin ke geladak utama dekat dengan poros kemudi dengan waktu evakuasi selama 29.15 menit. Waktu evakuasi ini telah memenuhi persyaratan waktu evakuasi yang ditentukan oleh SOLAS yaitu kurang dari 60 menit.

Daftar Pustaka

- [1] Badan Pusat Statistik NTT, Jumlah Wisatawan Mancanegara dan Domestik (Jiwa), 2020-2022 Provinsi Nusa Tenggara Timur. Retrieved from Badan Pusat Statistik Provinsi Nusa Tenggara Timur: <https://ntt.bps.go.id/indicator/16/67/1/jumlah-wisatawan-mancanegara-dan-domestik.html>, diakses pada 2 Oktober 2022.
- [2] Luru, M. N., Identifikasi Pengembangan Produk Pariwisata Perkotaan (Studi Kasus Kota Labuan Bajo), *Jurnal Ilmiah Pariwisata*, 2018, Vol. 23, No. 2, pp. 115-131.
- [3] Wongge, F. E., Jejak Wisata Labuan Bajo, Ed. Satrya, I. D. G., 2022, Penerbit Deepublish, Yogyakarta.
- [4] Salukh, K., 60 persen wisatawan yang berkunjung di Labuan Bajo menginap di kapal pinisi, Retrieved from victorynews.id: <https://www.victorynews.id/pariwisata/pr-3315168222/60-persen-wisatawan-yang-berkunjung-di-labuan-bajo-nginap-di-kapal-pinisi>, diakses pada 12 Oktober 2022.
- [5] Mustajab, R., Terdapat 13 kecelakaan pelayaran di Indonesiam, Retrieved from Data Indonesia: <https://dataindonesia.id/Sektor%20Riil/detail/terdapat-13-kecelakaan-pelayaran-di-indonesia-pada-2022>, diakses pada 24 Januari 2023.
- [6] Kurniawan, D., Buntut dari insiden tenggelamnya KLM Tiana, Sandiaga Uno sudah kirimkan tim untuk meninjau standar kapal wisata di Labuan Bajo, Retrieved from voi.id: <https://voi.id/ekonomi/185293/buntut-dari-insiden-tenggelamnya-klm-tiana-sandiaga-uno-sudah-kirimkan-tim-untuk-meninjau-standar-kapal-wisata-di-labuan-bajo>, diakses pada 1 Juli 2022.
- [7] Hakim, L. L., Kapal Layar Motor Buana Indah Tenggelam Setelah Dihantam Ombak, 8 ABK di Laut Natuna Diselamatkan. Retrieved from RBG.id: <https://www.rbg.id/nasional/9448343142/kapal-layar-motor-buana-indah-tenggelam-setelah-dihantam-ombak-8-abk-di-laut-natuna-diselamatkan?page=2>, diakses pada 5 April 2023.
- [8] Hendrawan, A., Analisa Indikator Keselamatan Pelayaran Pada Kapal Niaga, *Jurnal Saintara: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Maritim*, 2019, Vol. 3, No. 2, pp. 53-59.
- [9] Keputusan Menteri Perhubungan No. KM 65 Tahun 2009 mengenai Non-Convention Vessel Standard Indonesian Flagged, Kementerian Perhubungan Indonesia.
- [10] SK Dirjen Perhubungan Laut No. UM.008/9/20/DJPL-12 tentang Pemberlakuan Standar dan Petunjuk Teknis Pelaksanaan Kapal Non Konvensi Berbendera Indonesia, 2009.
- [11] Pathfinder Thunderhead Engineering, Pathfinder. Retrieved from Thunderheadeng: <https://www.thunderheadeng.com/pathfinder>, 2019.
- [12] Utami, T. K., Kesiapan Kapal Cargo Dibawah 500 GT Terhadap Implementasi Standar Kapal Non Konvensi (Non Convention Vessel Standard/NCVS) Berkaitan dengan Manajemen Keselamatan dan Perlindungan Lingkungan Maritim di Pelabuhan Kendari, *Jurnal Penelitian Transportasi Laut*, 2015, Vol. 17, No. 2, pp. 61-73.
- [13] International Maritime Organization, Interim Guidelines for a Simplified Evacuation Analysis on Ro-Ro Passenger Ships. MSC/Circ.909, 1999.
- [14] Pratama, A., Perancangan Sarana Penyelamat Diri Dan Kebutuhan Apar Pada Darurat Kebakaran Di Kantor Kesehatan Pelabuhan Kelas II Balikpapan, *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, 2016, Vol.5, No.1, pp.21-30.
- [15] IMO, SOLAS 2018 – Consolidated Edition