

Safety Plan dan Optimasi Waktu Evakuasi Kapal Ferry Ro-Ro di Rute Jangkar - Kalianget - Kangean

Safety Plan and Time Optimization of Ferry Ro-Ro Evacuation in Jangkar - Kalianget - Kangean Route

Rosida Putri Sahara^{a,1}, Ahmad Yasim^{b,2*}, Pratama Yuli Aryanto^{c,3}

^{a,c} Teknik Konstruksi Perkapalan Universitas Jember, Jl. Kalimantan Tegalboto No.37, Jember, Indonesia

^b Teknik Perkapalan Institut Teknologi Bacharuddin Jusuf Habibie, Jl. Balai Kota No.1, Parepare, Indonesia

¹ rosidadutrisah@gmail.com, ^{2*} ahmadyasim@ith.ac.id, ³ pratamayariant@unej.ac.id

*corresponding e-mail

This is an open access article under the terms of the CC-BY-NC license

ABSTRACT

The maritime transportation system is certainly never free from threatening dangers. According to data obtained from KNKT's marine accident and investigation reports, there were over 25 ship accidents between 2017 and 2021. Therefore, it is necessary to emphasize reducing the number of fatalities and injuries resulting from ship accidents. One effort to suppress this is by providing an assessment of the safety equipment available on the ship, as well as an analysis and optimization of passenger evacuation time. The research method used direct assessment of safety equipment on the ship following the rules of PERDIRJEN KP.988/AP.402/DRDJ/2021. Then, the simplified evacuation analysis method was used to analyze evacuation time, following the guidelines listed in IMO MSC.1/Circ. 1533. The object of the research was one of the ships serving Jangkar – Kalianget – Kangean shipping route, namely KMP. Munggiyango Hulalo. Evacuation time analysis was conducted for 3 design variations outside of the existing conditions. The passenger evacuation time under existing conditions is 61.41 minutes (night) and 46.36 minutes (day). The results for the night scenario exceed the standard performance set by IMO, which is a maximum of 60 minutes. The recommended evacuation route with the most optimal time is variation 3, with evacuation times of 40.99 (night) and 32.16 (day).

Keywords : ferry ship, safety, evacuation, simplified analysis and time optimization

ABSTRAK

Sistem transportasi laut tentu tidak pernah lepas dari bahaya yang mengancam. Menurut data yang didapatkan dari kecelakaan dan investigasi transportasi laut KNKT, terdapat lebih dari 25 kasus kecelakaan kapal dalam rentang tahun 2017 – 2021. Oleh karena itu, penekanan tingkat korban jiwa maupun luka-luka akibat kecelakaan kapal perlu dilakukan. Salah satu upaya untuk menekan hal tersebut yaitu dengan memberikan penilaian terkait perlengkapan keselamatan yang tersedia di kapal serta analisis dan optimasi waktu evakuasi penumpang. Metode penelitian yang digunakan adalah *assessment* langsung terhadap perlengkapan keselamatan di kapal mengikuti aturan PERDIRJEN KP.988/AP.402/DRDJ/2021, kemudian untuk menganalisis waktu evakuasi digunakan metode *simplified evacuation analysis* mengikuti petunjuk yang tercantum pada IMO MSC.1/Circ. 1533. Objek penelitian yang digunakan ialah salah satu

kapal yang melayani rute pelayaran Jangkar – Kalianget – Kangean yaitu KMP. Munggiyango Hulalo. Analisis waktu evakuasi dilakukan 3 variasi desain di luar kondisi *existing*. Waktu evakuasi penumpang pada kondisi *existing* adalah sebesar 61,41 menit (*night*) dan 46,36 menit (*day*). Hasil tersebut pada skenario malam melebihi dari performa standar yang telah ditetapkan oleh IMO yaitu maksimal 60 menit. Rekomendasi jalur evakuasi yang memiliki waktu paling optimal adalah variasi 3 dengan waktu evakuasi sebesar 40,99 (*night*) dan 32,16 (*day*).

Kata kunci : kapal penyeberangan, keselamatan, evakuasi, optimasi waktu, *simplified analysis*

A. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki wilayah lautan yang luas dan terdapat banyak jalur perdagangan dunia (Yamin & Yasim, 2023). Menurut (Haryanta & Astuti, 2025) lautan tidak boleh dipandang sebagai pemisah namun justru penyambung pulau-pulau. Untuk itu, transportasi kapal laut memiliki peran penting dalam mengangkut penumpang atau pun barang dan menghubungkannya dari suatu pulau ke pulau yang lain. Kapal dirancang memiliki kecepatan dinas dalam beroperasi serta batas ketinggian gelombang yang aman untuk alasan keselamatan (Kurniadi et al., 2024; Yasim et al., 2021).

Kapal penyeberangan merupakan kapal yang dapat memuat baik kendaraan maupun penumpang yang berjalan masuk dan keluar kapal menggunakan penggerakya sendiri sehingga disebut sebagai kapal ro-ro atau *roll on – roll off* (Van Dokkum, 2003). Sedangkan menurut (Kusnadi et al., 2023) *ferry* ro-ro merupakan kapal yang memiliki *rampdoor* untuk keluar-masuknya kendaraan ketika

berada di pelabuhan. Biasanya, kapal *ferry* ro-ro ini melayani perjalanan dengan rute jarak pendek seperti antar selat, sungai, danau, dan pulau. Menurut (UU RI, 2008) terdapat 3 tipe kapal ro-ro antara lain kapal *ferry* penyebrangan antar pulau, kapal pengangkut mobil, dan kapal *general cargo* dengan sistem ro-ro.

Kapal *ferry* ro-ro memiliki peran yang sangat krusial dalam industri transportasi laut, khususnya menunjang aktivitas perdagangan untuk daerah yang tidak memiliki penghubung atau jembatan (Wang et al., 2021). Rute penyebrangan Jangkar – Kalianget – Kangean adalah contoh bagaimana transportasi kapal *ferry* ro-ro menjadi pilihan utama karena merupakan akses tercepat yang menghubungkan pulau Jawa dengan bagian ujung pulau Madura (Semenep) dan pulau Kangean. Salah satu *ferry* ro-ro yang beroperasi di rute Jangkar – Kalianget – Kangean adalah KMP. Munggiyango Hulalo (ASDP, 2020). Tampilan KMP. Munggiyango Hulalo saat sandar di pelabuhan Jangkar-Situbondo ditunjukkan pada Gambar 1.

Walaupun demikian, dalam



Gambar 1 KMP. Munggiyango Hulalo (ASDP, 2020)

pengoperasian kapal *ferry* ro-ro pasti tidak lepas dari bahaya yang mengancam baik penumpang maupun Anak Buah Kapal (ABK) seperti kecelakaan kapal yang mayoritas disebabkan oleh tabrakan dan terbakar (Saputra & Basuki, 2021). Menurut data kecelakaan dan investigasi transportasi laut bahwa terdapat lebih dari 25 kasus kecelakaan kapal yang disebabkan oleh kebakaran dalam rentang tahun 2017 – 2021 (KNKT, 2021), dan terdapat 13 kasus kapal tenggelam dan terbakar di tahun 2022 (Arsandi & Sitepu, 2024). Menurut (Dirjenhubla, 2017; Nurmawati, 2015) beberapa kasus kecelakaan kapal akibat kebakaran pernah terjadi di Perairan Selat Madura, antara lain Kapal Artasari tahun 2010, Kapal Mutiara Sentosa I tahun 2017, dan kembali terulang pada Kapal Motor Sabuk Nusantara 91 tahun 2022.

Oleh karena itu, diperlukan *assessment* untuk mengetahui kelengkapan alat keselamatan kapal serta standar evakuasi jika terjadi kebakaran di kapal (Mutholib, 2019). Studi penelitian ini menggunakan objek kapal KMP. Munggiyango Hulalo karena dengan banyaknya kasus mengenai kecelakaan kebakaran kapal di sekitar Perairan Selat Madura, maka perlu adanya analisis mengenai keselamatan pelayaran di rute pelayaran Jangkar – Kalianget – Kangean. Analisis

dilakukan meliputi perlengkapan keselamatan kapal dan jalur evakuasi yang efektif terhadap penumpang beserta ABK ketika terjadi kebakaran di kapal.

B. Metode Penelitian

Pengumpulan data dilakukan di Pelabuhan Jangkar Sitobondo saat KMP. Munggiyango Hulalo sandar. Terdapat dua jenis data yang dikumpulkan dalam penelitian ini yaitu data primer meliputi gambar *general arrangement*, *safety plan*, dan jumlah perlengkapan keselamatan yang tersedia di kapal beserta kondisinya, sedangkan data sekunder berupa pedoman penilaian alat keselamatan kapal yang bersumber dari PERDIRJEN KP No. 988 (Perdirjenhubdat, 2021) dan pedoman analisis jalur evakuasi berdasarkan petunjuk *IMO* melalui *Marine Safety Committee* (MSC)/Circ.1533 (Lee et al., 2022; MSC/Circ.1533, 2016).

Penilaian standar keselamatan kapal dilakukan dengan mencocokkan jumlah dan kondisi alat keselamatan dengan standar yang sudah ditetapkan pemerintah melalui (Perdirjenhubdat KP, 2021) yang mana setiap kapal dengan ukuran GT 500 hingga 3000 wajib memenuhi kuantitas perlengkapan keselamatan kapal pada Tabel 1.

Tabel 1 Standar Alat Keselamatan Kapal

Alat Keselamatan	Standar
Rakit Penolong (<i>liferaft</i>)	125% Pelayar
Sekoci Penyelamat (<i>Rescue Boat</i>)	2 Unit
Pelampung Penolong (<i>Lifebuoy</i>)	12 unit, 6 unit harus dilengkapi dengan lampu menyala sendiri dan 2 unit lainnya dilengkapi dengan tali apung (30 meter).
Baju Penolong (<i>Lifejacket</i>)	100% Pelayar, 5% Cadangan, 10% Anak-anak
Alat Pelontar Tali (<i>Line Throwing</i>)	2 Unit
Isyarat Marabahaya (<i>Pyrotecnic</i>)	4 unit roket cerawat parasut, 4 unit cerawat tangan merah, 2 unit sinyal asap.
<i>Search and Rescue Radar</i>	2 Unit
<i>Transponder (SART)</i>	
<i>Portable Two-Way VHF Radio</i>	2 Unit
<i>Telephony</i>	

Sumber: (Perdirjenhubdat KP, 2021)

Tabel 2 Parameter Kondisi Perlengkapan Keselamatan

Alat Keselamatan	Deskripsi Kondisi
<i>Lifejacket</i>	Tidak ditemukan cacat maupun kerusakan (robek, bekas benda tajam, terbakar, dll) serta peluit dan lampu pada <i>life jacket</i> dapat bekerja dengan baik.
<i>Liferaft</i>	Disimpan dalam tabung dengan cat berwarna putih serta terdapat tanggal pemeriksaan dan tanggal kadaluarsa. Pemeriksaan <i>liferaft</i> minimal satu tahun sekali.
<i>Lifebuoy</i>	Nama kapal dapat terbaca dengan jelas, tali dan lampu dalam kondisi baik, serta warna dari pelampung masih terang.
<i>Line Throwing</i>	Instruksi pemakaian harus tercantum pada badan alat dan memiliki akurasi yang baik.
<i>Pyrotecnic</i>	Instruksi pemakaian harus tertulis jelas pada <i>cover</i> dan menghasilkan warna terang.
Perlengkapan Navigasi	Dapat digunakan sebagaimana mestinya.
<i>Rescue Boat</i>	Dapat digunakan sebagaimana mestinya.
<i>Immersion Suit</i>	Dibuat dari bahan kedap air dan menutup seluruh bagian tubuh kecuali muka.

Sumber: (Perdirjenhubdat KP, 2021)

Sedangkan untuk penilaian kondisi perlengkapan keselamatan kapal, yang mana dikatakan baik ketika memenuhi parameter Tabel 2.

Tahap selanjutnya adalah melakukan optimasi jalur evakuasi dengan metode *simplified evacuation analysis* berdasarkan IMO MSC/Circ. 1533. Menurut (Kim, 2024; MSC/Circ.1533, 2016) *simplified evacuation analysis* adalah metode perhitungan waktu evakuasi penumpang dan ABK secara bersamaan tanpa faktor saling menghalangi, saling mendahului, kemiringan ataupun *trim* kapal. Analisis optimasi jalur evakuasi dilakukan terhadap kondisi *existing* kapal dan 3 variasi desain jalur lain sebagai pengembangan dari jalur *existing* untuk mendapatkan optimasi waktu evakuasi terbaik. Ketiga variasi tersebut antara lain:

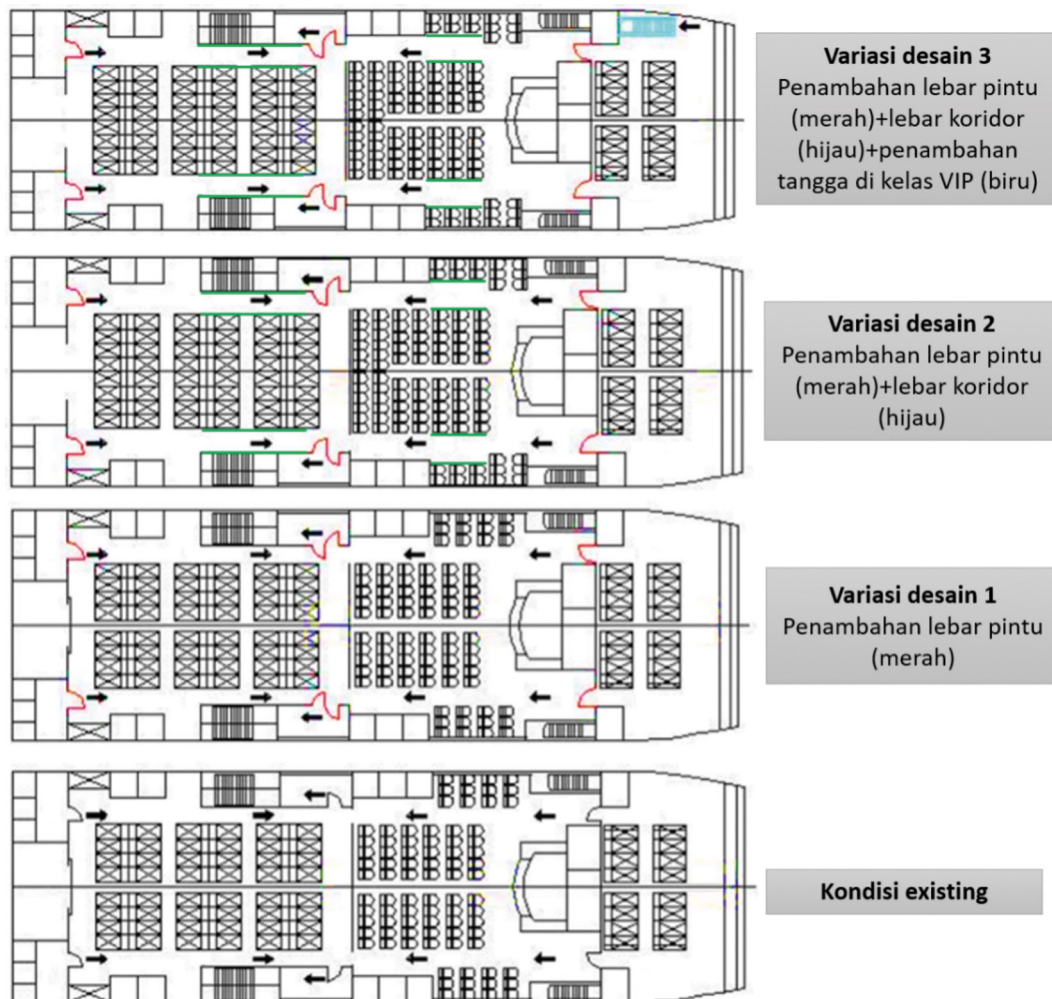
- 1) Variasi desain 1, merupakan modifikasi jalur evaluasi *existing* dengan penambahan lebar bersih pada beberapa pintu.
- 2) Variasi desain 2, merupakan modifikasi jalur evaluasi *existing* dengan penambahan lebar bersih pada beberapa pintu dan penataan tempat duduk untuk

- memperluas koridor.
- 3) Variasi desain 3, merupakan modifikasi jalur evaluasi *existing* dengan penambahan lebar bersih pada beberapa pintu, penataan ulang tempat duduk untuk memperluas koridor dan penambahan tangga pada kelas VIP menuju *muster station* di *navigation deck*.

Lebih lanjut perbedaan kondisi *existing*, variasi desain 1, variasi desain 2, dan variasi desain 3 ditampilkan pada gambar 2.

Prosedur *simplified evacuation analysis* berdasarkan IMO MSC/Circ. 1533 adalah yang pertama dilakukan pengumpulan data terkait jumlah dan sebaran penumpang di kapal, kemudian membuat skenario evakuasi berupa diagram hidrolik yaitu penentuan jalur-jalur yang dilalui penumpang dari posisi awal menuju titik kumpul (*muster station*). Setelah itu dilakukan perhitungan waktu evakuasi kemudian menarik kesimpulan. Adapun untuk perhitungan waktu evakuasi dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Menentukan *Clear Width* (W_c), yaitu lebar bersih untuk koridor, tangga dan pintu dalam posisi terbuka penuh.



Gambar 2 Perbedaan Metode Evakuasi yang Dilihat dari *Passenger Deck*

- 2) Menentukan *Density* (D), yaitu kepadatan awal orang dalam rute evakuasi yang dinyatakan dalam p/m^2 , dimana (p) merupakan jumlah orang di kapal dan m^2 ialah besar luasan yang berkaitan dengan ruangan tempat orang tersebut berada dalam area rute pelarian.
- 3) Menentukan kecepatan berjalan (S), yaitu kecepatan berjalan penumpang dan ABK di sepanjang rute evakuasi. Nilai tersebut memiliki satuan m/s.
- 4) Menentukan *Specific flow of persons* (F_s), yaitu aliran spesifik jumlah orang yang melarikan diri melewati suatu titik ke titik dalam rute evakuasi. F_s memiliki satuan (p/ms).
- 5) Melakukan perhitungan aliran orang (F_c), yaitu perkiraan jumlah orang yang melewati titik tertentu. Perhitungan

F_c dapat menggunakan formula pada persamaan 1.

$$F_c = F_s \cdot W_c (p/s) \dots \dots \dots (1)$$

- 6) Menghitung *flow time* (t_f), yaitu total waktu yang diperlukan oleh orang untuk bergerak melewati suatu titik dalam sistem rute evakuasi dengan satuan detik (s). Perhitungan t_f menggunakan formula pada persamaan 2.

$$t_f = N / F_c \dots \dots \dots (2)$$

keterangan:

N = jumlah orang yang melewati aliran rute evakuasi.

- 7) Melakukan perhitungan *travel time* (T), yaitu waktu tempuh perjalanan

yang dinyatakan dengan satuan detik (s). Perhitungan *travel time* dapat menggunakan persamaan 3.

$$T = (\gamma + \delta) t_I \dots \dots \dots (3)$$

dengan

$$F + t_{deck} + t_{stair} + t_{assembly} \dots \dots \dots (4)$$

keterangan:

t_I = waktu terlama yang dibutuhkan untuk evakuasi pada kondisi ideal sesuai prosedur perhitungan MSC..1/Circ.1238 yang dijelaskan pada paragraf 2 lampiran (s)

t_{deck} = waktu yang diperlukan untuk bergerak dari posisi terjauh dari rute evakuasi suatu *deck* ke tangga (s)

t_{stair} = waktu yang diperlukan untuk melewati tangga menuju *assembly station* (s)

$t_{assembly}$ = waktu yang diperlukan dari untuk berpindah dari ujung tangga hingga memasuki *assembly station* yang dapat ditentukan dengan membagi jarak tempuh dengan kecepatan berjalan, L/S (s)

γ = faktor koreksi, nilai 2 untuk skenario malam dan 1,3 untuk skenario siang

δ = faktor koreksi aliran balik, nilai 0,3

- 8) Untuk memudahkan, maka perhitungan t_F digabung dengan t_{deck} dan t_{stair} menjadi t_{Ftot} , sehingga untuk menghitung tinggal menjumlahkan t_{Ftot} dan $t_{assembly}$.

Total waktu evakuasi mengacu pada ketentuan IMO MSC.1/Circ.1533 dengan menggunakan formulasi berikut:

Calculated total evacuation time:

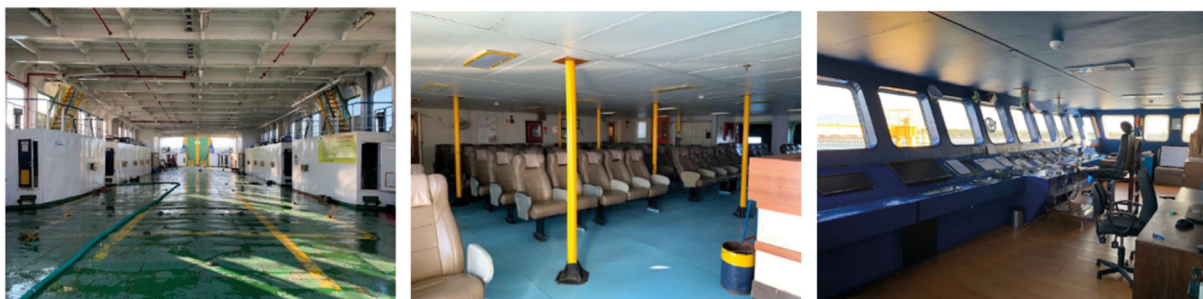
$$1,25 (A + T) + \frac{2}{3} (E + L) \leq 60 \text{ menit} \quad (5)$$

Standar waktu total evakuasi maksimal adalah 60 menit (Farrand et al., 2024; MSC/Circ.1533, 2016; Mulyatno et al., 2023), dengan nilai A, E, dan L dapat dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Nilai *awareness time* (A) merupakan waktu yang dibutuhkan orang untuk bereaksi terhadap sesuatu maupun situasi. A memiliki nilai 10 menit untuk skenario malam (*night*) dan 5 menit untuk skenario siang (*day*).
- 2) *Embarkation time* (E) dan *launching time* (L), yang mana berdasarkan peraturan (MSC/Circ.1533, 2016) bahwa $E+L \leq 30$ menit.

C. Hasil dan Pembahasan

KMP Munggiyango Hulalo adalah kapal *ferry* ro-ro milik Kementerian Perhubungan yang dibangun PT Dok Bahari Nusantara tahun 2018 dengan kapasitas 1631 GT. KMP. Munggiyango Hulalo memiliki 3 geladak yaitu *car deck*, *passenger deck*, dan *navigation deck*. Pada *passenger deck*, terdapat 3 kategori kelas yakni kelas ekonomi duduk (84 orang), kelas ekonomi tidur (96 orang) dan kelas VIP (32 orang). Geladak kendaraan dapat menampung



Gambar 3 Dokumentasi Ruangan di KMP. Munggiyango Hulalo

21 unit kendaraan campuran. Tampilan ruangan kapal dapat dilihat pada Gambar 3.

1. Assessment Perlengkapan Keselamatan Kapal

Data perlengkapan keselamatan kapal yang disajikan pada Tabel 3 diperoleh dengan cara melakukan pengamatan langsung pada kapal KMP. Munggiyango Hulalo saat

bersandar di dermaga Pelabuhan Jangkar-Sitobondo pada bulan April 2023. Setiap item keselamatan kapal yang tertulis pada dokumen *safety plan* dicek langsung kondisinya berdasarkan parameter yang disebutkan pada Tabel 2, kemudian dihitung jumlah yang nyata di kapal. Setelah itu dilakukan asesmen perbandingan antara standar yang mengacu pada (Perdirjenhubdat KP, 2021) untuk ukuran GT 500 – 3000, dengan data jumlah tertulis

Tabel 3 *Safety Plan Assessment*

SAFETY PLAN ASSESSMENT					
Nama Kapal	:	KMP. Munggiyango Hulalo	GT	:	1631
Tipe Kapal	:	FERRY RO-RO	Owner	:	PT. ASDP Indonesia
Rute Pelayaran	:	Jangkar-Kangean-Kalianget			Ferry (PERSERO)
CAR DECK					
Item	Standar	Jumlah Tertulis	Jumlah Nyata	Kesesuaian	Kondisi
<i>Lifejacket</i>	D	23	-	TIDAK	-
<i>Line Throwing Apparatus Manual</i>	E	2	2	YA	BAIK
PASSENGER DECK					
Item	Standar	Jumlah Tertulis	Jumlah Nyata	Kesesuaian	Kondisi
<i>Lifejacket</i>	D	208	258	YA	BAIK
<i>Lifejacket Children</i>	D	25	25	YA	BAIK
NAVIGATION DECK					
Item	Standar	Jumlah Tertulis	Jumlah Nyata	Kesesuaian	Kondisi
<i>Liferaft Kapasitas 25 Orang</i>	A	12	12	YA	BAIK
<i>Lifebuoy (Tali)</i>	C	6	6	YA	BAIK
<i>Lifebuoy (Tali + Lampu)</i>	C	4	2	TIDAK	BAIK
<i>Lifebuoy (Tali + Lampu + Asap)</i>	C	2	2	YA	BAIK
<i>Lifejacket</i>	D	19	19	YA	BAIK
<i>Rocket Parachute Flare</i>	F	12	12	YA	BAIK
<i>Radio Portable VHF</i>	G	2	2	YA	BAIK
<i>Red Hand Flare</i>	F	12	12	YA	BAIK
<i>Radar Transponder</i>	G	2	4	YA	BAIK
<i>EPIRB</i>	-	1	1	YA	BAIK
<i>Smoke Signal</i>	F	6	6	YA	BAIK
<i>Line Throwing Apparatus Otomatis</i>	E	1	1	YA	BAIK
<i>Rescue Boat</i>	B	2	2	YA	BAIK
<i>Immersion Suit</i>	-	2	2	YA	BAIK
STANDAR					
A	<i>Liferaft</i>	125% Pelayar			
B	<i>Rescue Boat</i>	2 Unit			
C	<i>Lifebuoy</i>	12 Unit (6 dengan lampu + 6 dengan tali)			
D	<i>Lifejacket</i>	100% Pelayar + 5% Cadangan + 10% <i>Children</i>			
E	<i>Line Throwing</i>	2 Unit			
F	<i>Pyrotechnic</i>	4 <i>rocket</i> + 4 <i>red hand</i> + 2 <i>smoke signal</i>			
G	<i>SART + VHF</i>	Masing-masing 2 Unit			

Sumber: Hasil pengamatan lapangan tahun 2023, diolah

berdasarkan dokumen *safety plan* kapal, serta data jumlah nyata yang diperoleh dari pengamatan langsung pada kapal.

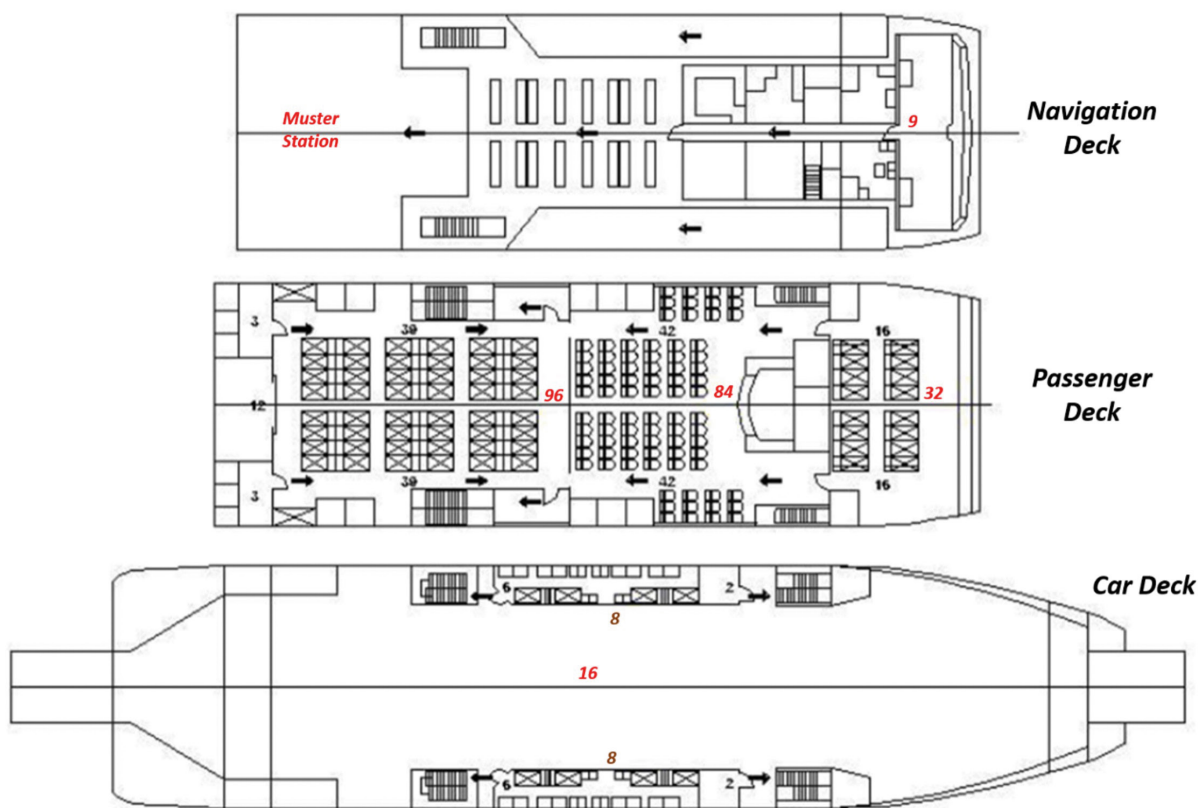
Hasil asesmen menunjukkan bahwa semua item perlengkapan keselamatan kapal yang tertera pada dokumen *safety plan* telah memenuhi standar baik dari segi kelengkapan item maupun jumlah tertulis setiap item. Namun, terdapat tidak-sesuaian jumlah nyata di kapal dengan jumlah tertulis di *safety plan* pada item *lifejacket* di *Car Deck* dan *lifebouy* yang dilengkapi lampu di *Navigation Deck*. Sebenarnya untuk item *lifejacket* di *Car Deck* hanya terjadi tidak-sesuaian lokasi saja karena *lifejacket* nya disimpan di *Passenger Deck* padahal seharusnya 23 *lifejackets* harus disiagakan di *Car Deck* sesuai standar yang berlaku. Untuk itu, direkomendasikan agar 23 *lifejackets* dipindahkan ke *Car Deck*, disebar di ruang akomodasi dan ECR (*Engine Control Room*) sesuai jumlah pelayar yang ada di masing-masing ruangan. Selanjutnya untuk *lifebouy* yang dilengkapi lampu di

Navigation Deck memang jumlah nyata yang tersedia di kapal adalah 4 yang terdiri dari 2 *lifebouys* yang dilengkapi tali dan lampu dan 2 *lifebouys* yang dilengkapi tali, lampu, dan sinyal asap sementara total yang disyaratkan adalah 6 unit. Untuk itu, direkomendasikan agar ditambahkan 2 unit lagi *lifebouy* yang dilengkapi lampu dengan kondisi layak sebagaimana dijelaskan pada Tabel 2.

2. Optimasi Jalur Evakuasi

1) Jumlah dan Sebaran Penumpang

Proses optimasi jalur evakuasi diawali dengan melakukan pengumpulan data mencakup jumlah dan sebaran penumpang berdasarkan rencana umum (*general arrangement*) kapal KMP. Munggiyango Hulalo. Data jumlah penumpang menunjukkan total pelayar yang dapat dimuat oleh kapal, sedangkan sebaran penumpang menunjukkan jumlah penumpang pada setiap ruangan



Gambar 4 Jalur evakuasi dan sebaran penumpang kapal KMP. Munggiyango Hulalo

atau kelas, serta posisi ABK kapal yang semuanya diperoleh dari dokumen rencana umum. Gambar 4 menunjukkan jumlah dan sebaran pelayar yang berada di kapal yang mana diasumsikan dalam keadaan penuh, total 212 orang penumpang dan 25 orang ABK. Penyebaran jumlah ABK terdapat pada geladak kendaraan dan geladak navigasi, masing-masing 16 orang dan 9 orang. Sedangkan penyebaran penumpang sesuai dengan jumlah total penumpang yang tertera pada rencana umum kapal dimana terdapat 96 orang di kelas ekonomi tidur, 84 orang di kelas ekonomi duduk dan 32 orang di kelas VIP.

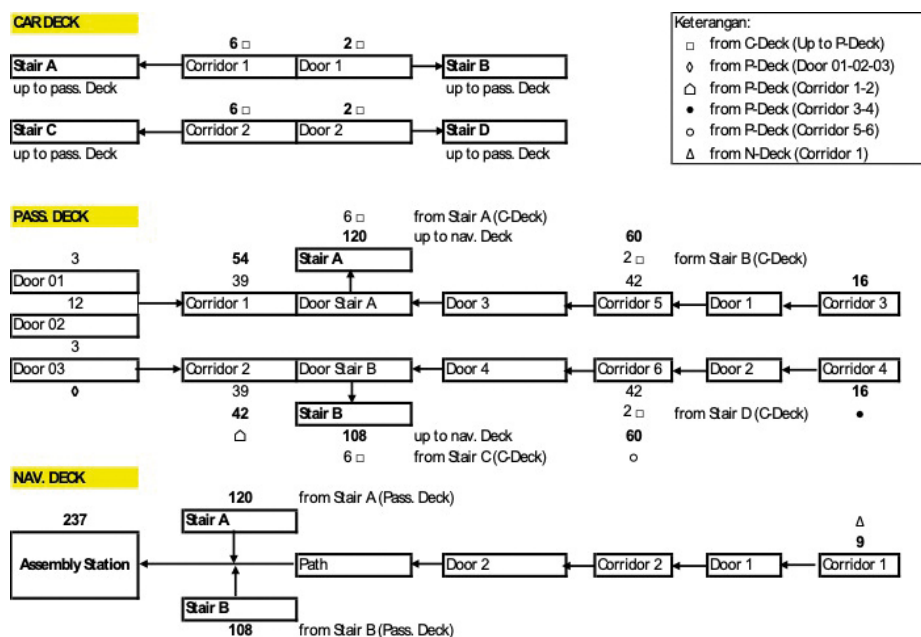
2) Skenario Evakuasi

Menurut (SOLAS, 2009) chapter 13, skenario evakuasi penumpang perlu mengetahui lokasi *muster station*, kemudian melakukan pengukuran area ruangan, pintu, koridor, tangga, dan membuat jalur evakuasi dalam bentuk diagram hidrolik evakuasi (*hydraulic network*). Diagram ini merupakan terjemahan dari penjelasan alur rute pelarian meliputi komponen-komponen jalur yang dilewati oleh orang seperti pintu, koridor dan tangga, serta asumsi jumlah orang yang melewati jalur tersebut. Diagram hidrolik jalur evakuasi pada penelitian ini ditampilkan pada gambar 5.

Tabel 4 Parameter Nilai

Item	Condition	Density, D (P/m^2)	Speed of Person, S (m/s)	Specific Flow, F_s (p/ms)
Stairs (Down)	Low	<1,9	1	0,54
	Optimum	1,9 – 2,7	0,5	0,94
	Moderate	2,7 – 3,2	0,28	0,77
	Crush	>3,2	0,3	0,42
Stairs (Up)	Low	<1,9	0,8	0,43
	Optimum	1,9 – 2,7	0,4	0,75
	Moderate	2,7 – 3,2	0,22	0,62
	Crush	>3,2	0,1	0,32
Corridors, Doorways	Low	<1,9	1,4	0,76
	Optimum	1,9 – 2,7	0,7	1,3
	Moderate	2,7 – 3,2	0,39	1,1
	Crush	>3,2	0,18	0,55

Sumber: (MSC/Circ.1238, 2016)



Gambar 5 Hydraulic Network

Setelah itu dilakukan penentuan *density* (D), kecepatan berjalan (S) dan specific flow of persons (Fs) pada rute pelarian utama di setiap geladak berdasarkan jalur evakuasi yang sebelumnya dibuat, ditampilkan pada Gambar 4. Parameter nilai D, S, dan Fs didapatkan dari (Nugraha & Hardianto, 2019) yang didasarkan pada nilai-nilai yang telah

ditetapkan oleh IMO.

3) Analisis Waktu Evakuasi

a. Kondisi *Existing*

Dengan mengaplikasikan persamaan 5, diperoleh:

Tabel 5 Perhitungan Parameter Kondisi *Existing*

Item	N (orang)	Wc (m)	L (m)	Area (m ²)	Fs (p/ms)	Fc (p/s)	S (m/s)	t _{Ftot} (s)	t _{assem} (s)	Notes
C-Corridor 1	6	0,6	11	6,6	0,76	0,456	1,4	13,16	7,86	To Stair A
C-Door 1	2	0,8	N.A.	N.A.	0,76	0,608	1,4	3,29	0,00	To Stair B
C-Corridor 2	6	0,6	11	6,6	0,76	0,456	1,4	13,16	7,86	To Stair C
C-Door 2	2	0,8	N.A.	N.A.	0,76	0,608	1,4	3,29	0,00	To Stair D
C-Stair A	6	0,8	7	5,6	0,43	0,344	0,8	17,44	8,75	Up to Pass. Deck
C-Stair B	2	0,8	7	5,6	0,62	0,344	0,22	5,81	8,75	Up to Pass. Deck
C-Stair C	6	0,8	7	5,6	0,43	0,344	0,8	17,44	8,75	Up to Pass. Deck
C-Stair D	2	0,8	7	5,6	0,62	0,344	0,22	5,81	8,75	Up to Pass. Deck
Item	N (orang)	Wc (m)	L (m)	Area (m ²)	Fs (p/ms)	Fc (p/s)	S (m/s)	t _{Ftot} (s)	t _{assem} (s)	Notes
P-Door 01	3	0,8	N.A.	N.A.	0,76	0,608	1,4	4,93	0,00	To Corridor 1
P-Door 02	12	2,4	N.A.	N.A.	0,76	1,824	1,4	6,58	0,00	To Corridor 1
P-Door 03	3	0,8	N.A.	N.A.	0,76	0,608	1,4	4,93	0,00	To Corridor 2
P-Corridor 1	54	1	16	16	0,76	0,76	1,4	71,05	11,43	To Door Stair A
P-Corridor 2	42	1	16	16	0,76	0,76	1,4	55,26	11,43	To Door Stair B
P-Corridor 3	16	0,8	7	7	0,76	0,608	1,4	26,32	5,00	To Door 1
P-Corridor 4	16	0,8	7	7	0,76	0,608	1,4	26,32	5,00	To Door 2
P-Door 1	16	0,8	N.A.	N.A.	0,76	0,608	1,4	26,32	0,00	To Corridor 5
P-Door 2	16	0,8	N.A.	N.A.	0,76	0,608	1,4	26,32	0,00	To Corridor 6
P-Corridor 5	60	1,1	14	14	0,76	1,21	1,4	54,55	10,00	To Door 3
P-Corridor 6	60	1,1	14	14	0,76	1,43	1,4	46,15	10,00	To Door 4
P-Door 3	60	0,8	N.A.	N.A.	0,76	1,04	1,4	63,46	0,00	To Door Stair A
P-Door 4	60	0,8	N.A.	N.A.	0,76	1,04	0,7	63,46	0,00	To Door Stair B
P-Door Stair A	114	0,8	N.A.	N.A.	0,76	0,6	0,7	200,00	0,00	To Stair A
P-Door Stair B	102	0,8	N.A.	N.A.	0,76	0,6	0,7	180,00	0,00	To Stair B
P-Stair A	120	1	3	3	0,43	1,04	1,4	115,38	7,50	Up to Nav. Deck
P-Stair B	108	1	3	3	0,43	1,04	1,4	103,85	7,50	Up to Nav. Deck
Item	N (orang)	Wc (m)	L (m)	Area (m ²)	Fs (p/ms)	Fc (p/s)	S (m/s)	t _{Ftot} (s)	t _{assem} (s)	Notes
N-Corridor 1	9	0,8	2,6	2,08	0,76	0,608	1,4	14,80	1,86	To Door 1
N-Door 1	9	0,8	N.A.	N.A.	1,3	1,04	0,7	8,65	0,00	To Corridor 2
N-Corridor 2	9	1	11,5	11,5	1,3	1,3	0,7	6,92	16,43	To Door 2
N-Door 2	9	1	N.A.	N.A.	1,3	1,3	0,7	6,92	0,00	To Path
N-Path	9	1	11,5	11,5	0,76	0,76	1,4	11,84	8,21	To Assembly Station
N-Stair A	120	1	11	11	0,8	0,43	0,8	150,00	25,58	To Assembly Station
N-Stair B	108	1	11	11	0,8	0,43	0,8	135,00	25,58	To Assembly Station

Dengan mengaplikasikan persamaan 5, diperoleh:

Total evacuation time (night) = 1,25 (10 + 23,12) + 2/3 (30) = 61,41 menit

Total evacuation time (day) = 1,25 (5 + 16,08) + 2/3 (30) = 46,36 menit

a. Desain Variasi 1

Tabel 6 Kalukulasi *Travel Time* (T) Variasi 1

Case	Notes	$t_{Flat}(s)$	$t_{assem}(s)$	$t_l(s)$	γ	δ	$T(s)$
Night	C. Deck	17,44	8,75	26,19	2	0,3	60,24
	P. Deck	442,26	33,93	476,19	2	0,3	1095,23
	N. Deck	150,00	25,58	175,58	2	0,3	403,84
Day	C. Deck	17,44	8,75	26,19	1,3	0,3	41,91
	P. Deck	442,26	33,93	476,19	1,3	0,3	761,90
	N. Deck	150,00	25,58	175,58	1,3	0,3	280,93

Total evacuation time (night) = $1,25 (10 + 18,25) + 2/3 (30) = 55,32$ menit

Total evacuation time (day) = $1,25 (5 + 12,69) + 2/3 (30) = 42,12$ menit

b. Desain Variasi 2

Tabel 7 Kalukulasi *Travel Time* (T) Variasi 2

Case	Notes	$t_{Flat}(s)$	$t_{assem}(s)$	$t_l(s)$	γ	δ	$T(s)$
Night	C. Deck	29,74	16,61	46,35	2	0,3	106,61
	P. Deck	384,09	33,93	418,02	2	0,3	961,44
	N. Deck	150,00	25,58	175,58	2	0,3	403,84
Day	C. Deck	29,74	16,61	46,35	1,3	0,3	74,16
	P. Deck	384,09	33,93	418,02	1,3	0,3	668,83
	N. Deck	150,00	25,58	175,58	1,3	0,3	280,93

Total evacuation time (night) = $1,25 (10 + 16,02) + 2/3 (30) = 52,53$ menit

Total evacuation time (day) = $1,25 (5 + 11,15) + 2/3 (30) = 40,18$ menit

c. Desain Variasi 3

Tabel 8 Kalukulasi *Travel Time* (T) Variasi 3

Case	Notes	$t_{Flat}(s)$	$t_{assem}(s)$	$t_l(s)$	γ	δ	$T(s)$
Night	C. Deck	29,74	16,61	46,35	2	0,3	106,61
	P. Deck	177,28	0,00	177,28	2	0,3	407,75
	N. Deck	93,75	74,15	167,90	2	0,3	386,17
Day	C. Deck	29,74	16,61	46,35	1,3	0,3	74,16
	P. Deck	177,28	0,00	177,28	1,3	0,3	283,65
	N. Deck	93,75	74,15	167,90	1,3	0,3	268,64

Total evacuation time (night) = $1,25 (10 + 6,80) + 2/3 (30) = 40,99$ menit

Total evacuation time (day) = $1,25 (5 + 4,73) + 2/3 (30) = 32,16$ menit

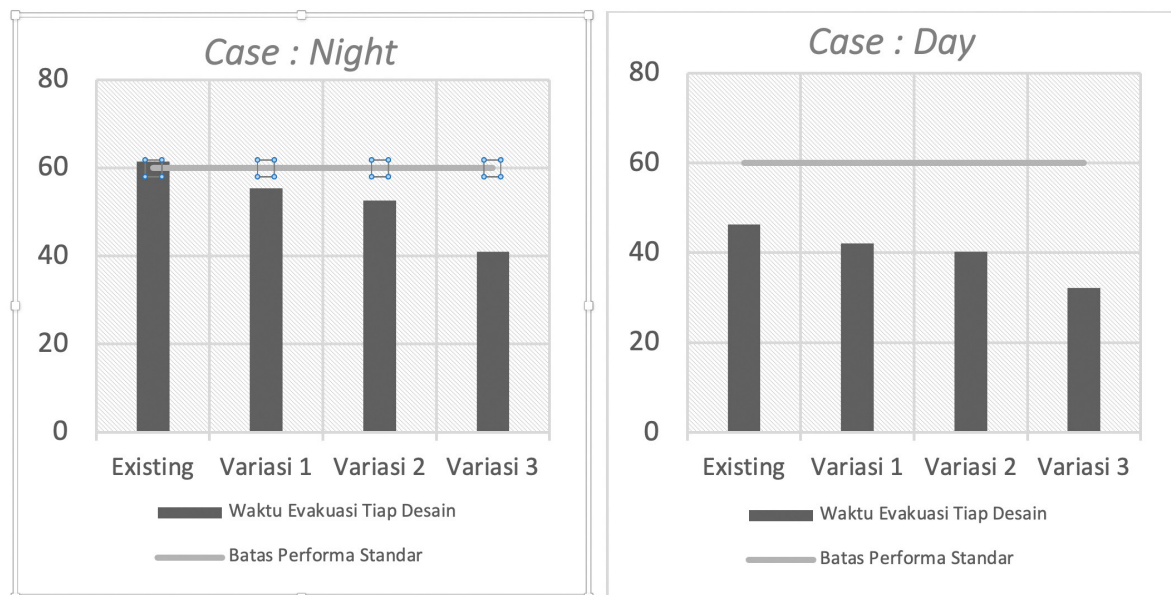
3. Perbandingan Hasil Waktu Evakuasi

Tabel 9 *Travel Time* (T) Masing-Masing Desain

Case	Desain	<i>Travel Time T (s)</i>	<i>Travel Time T (min)</i>
Night	Existing	1387,58	23,13
	Variasi 1	1095,23	18,25
	Variasi 2	961,44	16,02
	Variasi 3	407,75	6,80
Day	Existing	965,28	16,09
	Variasi 1	761,9	12,7
	Variasi 2	668,83	11,15
	Variasi 3	283,65	4,73

Tabel 10 Total Waktu Evakuasi Masing-Masing Desain

Kategori Desain		Waktu Evakuasi (n)	Standar evakuasi IMO (n)	Keterangan
<i>Existing</i>	<i>Night</i>	61,42 min	≤ 60 min	belum terpenuhi
	<i>Day</i>	46,37 min		terpenuhi
Variasi 1	<i>Night</i>	55,33 min	≤ 60 min	terpenuhi
	<i>Day</i>	42,13 min		terpenuhi
Variasi 2	<i>Night</i>	52,54 min	≤ 60 min	terpenuhi
	<i>Day</i>	40,19 min		terpenuhi
Variasi 3	<i>Night</i>	41,00 min	≤ 60 min	terpenuhi
	<i>Day</i>	32,17 min		terpenuhi



Gambar 6 Perbandingan Waktu Skenario Evakuasi Masing-Masing Desain

Total waktu evakuasi penumpang dan awak kapal pada masing-masing desain dengan 2 skenario (*night* dan *day*) tersaji pada Tabel 10 dan Gambar 6. Dari hasil analisis diketahui bahwa jalur evakuasi *existing* skenario malam didapatkan 61,41 menit kasus dan siang 46,36 menit, sehingga waktu evakuasi skenario malam tidak memenuhi standar (MSC/Circ.1533, 2016) karena melebihi 60 menit. Menurut (Arshad et al., 2022) jika kapal *existing* tidak memenuhi standar waktu evakuasi maka harus dibuat

skenario perbaikan hingga memenuhi standar waktu yang diizinkan. Dari ketiga desain optimasi yang dilakukan, diketahui bahwa semua jalur menghasilkan penurunan waktu evakuasi dibandingkan kondisi *existing* dan telah memenuhi batas standar. Waktu evakuasi paling singkat dihasilkan variasi 3 yaitu pada skenario malam memiliki waktu evakuasi 40,99 menit dan skenario siang 32,18 menit.

Persentase perbandingan penurunan nilai total waktu evakuasi dari kondisi *existing* dan ketiga desain variasi adalah pada skenario

malam terjadi penurunan presentase waktu evakuasi sebesar 9,92% dari desain variasi 1 terhadap kondisi *existing*, dari variasi 2 sebesar 14,46% dan variasi 3 sebesar 33,25%. Selanjutnya pada skenario siang dimana terjadi penurunan presentase waktu evakuasi sebesar 9,15% terhadap kondisi *existing*, dari variasi 2 sebesar 13,33% serta variasi 3 sebesar 30,63%. Dengan demikian perbedaan yang dihasilkan dapat membuktikan bahwa perubahan terhadap item-item dan parameter jalur evakuasi seperti pintu, koridor dan tangga memberikan pengaruh terhadap kebutuhan total waktu evakuasi. Penurunan tingkat presentase waktu evakuasi paling signifikan dimiliki oleh desain variasi 3.

D. Simpulan

Kondisi *existing* jalur evakuasi pada kapal KMP. Munggiyango Hulalo adalah sebagaimana tercantum pada dokumen *safety plan* dengan *muster station* di bagian belakang geladak navigasi. Perlengkapan keselamatan yang dimiliki sebagian besar telah memenuhi standar, terkecuali pada item *lifebuoy with light*. Diberikan rekomendasi pemindahan 23 buah *life jacket* yang ada di *Passenger Deck* ke *Car Deck* yaitu pada ruang akomodasi awak kapal sebanyak 18 *pcs* dan 5 *pcs* di *Engine Control Room*. Selain itu, Manajemen Kapal harus melengkapi *lifebuoy with light* sebanyak 2 *pcs* di Geladak Navigasi. Hasil analisis jalur evakuasi diperoleh total waktu evakuasi penumpang masing-masing pada kondisi *existing* sebesar 61,42 menit (*night*) dan 46,37menit (*day*), desain variasi 1 sebesar 55,33 menit (*night*) dan 42,13 menit (*day*), desain variasi 2 sebesar 52,54 menit (*night*) dan 40,18 menit (*day*), serta desain variasi 3 sebesar 33,26 (*night*) dan 30,63 menit (*day*). Desain paling optimal pada penelitian ini adalah desain variasi 3 dengan penurunan presentase paling signifikan terhadap kondisi *existing* sebesar 33,35% (*night*) dan 30,63% (*day*).

E. Daftar Pustaka

- Arsandi, F., & Sitepu, A. H. (2024). Desain Safety and Fire Control Plan dan Perancangan Escape Route pada Kapal Latih Barombong. *Jurnal Riset & Teknologi Terapan Kemaritiman*, 3(2), 55–69. <https://doi.org/10.25042/jrt2k.122024.02>
- Arshad, H., Emblemshvåg, J., Li, G., & Ostnes, R. (2022). Determinants, methods, and solutions of evacuation models for passenger ships: A systematic literature review. *Ocean Engineering*, 263, 112371. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.112371>
- ASDP. (2020). Layani Rute Jangkar-Kalianget-Kangean, ASDP Siap Operasikan KMP Munggiyango Hulalo. *Publikasi & Media ASDP Indonesia Ferry*.
- Dirjenhubla. (2017). 187 Orang Penumpang KM. Mutiara Sentosa 1 Telah Dievakuasi 20/05/2017. *Berita Kementerian Perhubungan RI*.
- Farrand, J., Mulyatno, I. P., & Adietya, B. A. (2024). Analisa Evakuasi Penumpang dengan Metode Pendekatan Simulasi Berdasarkan Aturan Imo Msc.1/Circ.1533 Pada Kapal Penyebrangan Penumpang 5000 GT. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 12(2), 1–10. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/naval>
- Haryanta, J. T., & Astuti, S. D. (2025). Joko Tri Haryanta Sri Dweni Astuti. *MUARA: Jurnal Manajemen Pelayaran Nasional*, 8(1), 19–24.
- Kim, K.-S. (2024). Automation of Simplified Evacuation Analysis for Calculating Required Evacuation Time. *Journal of the Society of Naval Architecture of Korea*, 61(5), 370–377.
- KNKT. (2021). *Final Accident Investigation Report*.
- Kurniadi, M. I., Yasim, A., & Widityo, R. P. G.

- (2024). Analisis Kinerja Proyek Reparasi dengan Metode Earned Value Analysis Di Pt Xyz. *Inovtek Polbeng*, 14(1), 41–49.
- Kusnadi, R. F., Widityo, P. G., Yasim, A., & Ali, B. (2023). ANALYSIS OF THE EFFECT OF BILGE KEEL ON THE ROLLING MOTION OF RO-RO FERRY SHIP USING THE STRIP-THEORY METHOD. *ROTOR*, 16(1), 15–20.
- Lee, J., Kim, H., & Kwon, S. (2022). Evacuation analysis of a passenger ship with an inclined passage considering the coupled effect of trim and heel. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, 14, 100450. <https://doi.org/10.1016/j.ijnaoe.2022.100450>
- MSC/Circ.1238. (2016). Guidelines for evacuation analysis. *International Maritime Organization*, 1–56.
- MSC/Circ.1533. (2016). Revised Guidelines for Evacuation Analysis for New and Existing Passenger Ships. *International Maritime Organization*, 44(June), 1–44.
- Mulyatno, I. P., Manik, P., & Addawiyah, S. A. (2023). Analisa Lifeboat Placement Effectiveness Terhadap Proses Evakuasi Kapal Penumpang Menggunakan Metode Agent Based Modelling Simulation. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 14(2), 571–586. <https://doi.org/10.21776/jrm.v14i2.1348>
- Mutholib, A. (2019). Kajian Fasilitas Keselamatan Kapal Pada Lintas Penyebrangan 35 Ilir - Muntok. *Warta Penelitian Perhubungan*, 25(2), 140. <https://doi.org/10.25104/warlit.v25i2.715>
- Nugraha, A., & Hardianto, D. (2019). Desain Fire and Safety Plan untuk Kapal Ro-Ro (Studi Kasus Kapal KMP. SMS Swakarya). *Seminar Nasional Kelautan XIV "Implementasi Hasil Riset Sumber Daya Laut Dan Pesisir Dalam Peningkatan Daya Saing Indonesia"*, 117–126.
- Nurmawati, A. (2015). *Penilaian Risiko Tubrukan Kapal di Sekitar Buoy 12 Perairan Selat Madura Melalui Proses Formal Safety Assessment (FSA)*. 93.
- Perdirjenhubdat KP. (2021). *PERDIRJEN KP No. 988 Tentang Kapal Angkutan Penyebrangan*. Kementerian Perhubungan RI.
- Saputra, N., & Basuki, M. (2021). Analisa jalur evakuasi penumpang kapal ferry roro KM. Athaya dengan Metode Pendekatan Simulasi. In *Semitan III-Itats* (Vol. 3, Issue 1, pp. 155–161).
- UU RI No. 17. (2008). UU tentang Pelayaran. *Undang-Undang Republik Indonesia*, 61–64.
- Van Dokkum, K. (2003). Ship Knowledge : A Modern Encyclopedia. In *Dokmar* (p. 340). www.dokmar.com
- Wang, X., Liu, Z., Wang, J., Loughney, S., Yang, Z., & Gao, X. (2021). Experimental study on individual walking speed during emergency evacuation with the influence of ship motion. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 562, 125369. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.physa.2020.125369>
- Yamin, M. A., & Yasim, A. (2023). Analisis Proses Sandblasting dan Painting pada Lambung Kapal Tk. Berkat 12 di PT. Adiluhung Saranasegara Indonesia. *Inovtek Polbeng*, 13(2), 171–178.
- Yasim, A., Wibowo, R. K. K., & Priohutomo, K. (2021). Kajian Sinkronisasi Mesin Utama dan Propeller Pada Kapal Perikanan Pasca Reparasi (Studi Kasus Km. Nelayan 2017-572). *Wave: Jurnal Ilmiah Teknologi Maritim*, 15(1), 11–20.