

Evaluasi Kesesuaian *Life-Saving Appliances (LSA)* dan Pembuatan Simulasi Sistem Evakuasi Pada Kapal Perintis 1200 GT Menggunakan *Software Pathfinder*

Widia Yuliati Puspaningrum^{1*}, Rona Riantini², M. Khoirul Hasin³

¹Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

^{2,3} Program Studi Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail: widiayuppi@gmail.com

Abstrak

Kapal Perintis 1200 GT merupakan jenis *passenger ship* yang mulai dibangun pada akhir tahun 2015 dan masih berlangsung hingga sekarang. Kapasitas penumpang sebanyak 398 orang dan ABK 39 orang. Kapal Perintis 1200 GT belum dilengkapi dengan perancangan sistem evakuasi keadaan darurat. Sehingga diperlukan evaluasi kesesuaian ketersediaan *Life Saving Appliances (LSA)* terhadap peraturan yang berlaku dan perancangan jalur sistem evakuasi yang optimal. Evaluasi kesesuaian LSA terdiri atas *lifeboat, liferaft, lifebuoy, lifejacket*, dan *distress flares* berdasarkan regulasi SOLAS 2014 Chapter III. Peraturan tentang sistem evakuasi menggunakan IMO MSC.1/Circ.1238 2007. Pembuatan simulasi sistem evakuasi menggunakan *software Pathfinder*. Hasil evaluasi menyatakan adanya ketidaksesuaian beberapa item LSA. Perancangan sistem evakuasi menghasilkan luas *muster station* 169,22 m². Letak *embarkation station* yang dekat *lifeboat* pada *deck 3* dan dekat ILR pada *deck 4*. Hasil perhitungan total *evacuation time (T)* yaitu 58,45 menit (*Case 1*); 52,2 menit (*Case 2*); 51,48 menit (*Case 3*) dan 45,23 menit (*Case 4*). Perhitungan tersebut sudah memenuhi standar yang ditetapkan yaitu ≤ 60 menit. Dalam perhitungan manual, waktu yang digunakan untuk penumpang berkumpul di *muster station (t)* pada *primary case* 541,54 detik dan simulasi 547,3 detik. Pada *secondary case (t)* sebesar 569,86 detik dan simulasi 576,4 detik. Sehingga prosentase perbandingan rata-rata sebesar 1,09%.

Kata kunci : IMO MSC.1/Circ.1238, *Life-Saving Appliances (LSA)*, *passenger ship*, *Pathfinder*, sistem evakuasi, SOLAS

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan Data Kecelakaan Kapal tahun 2005-2009 oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Laut dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 3 Data Kecelakaan Kapal Tahun 2005-2009

Tahun	Faktor Penyebab			Jumlah kecelakaan	Pertumbuhan (%)	Jumlah Korban	Pertumbuhan (%)
	Manusia	Alam	Teknis				
2005	56	35	34	125	58,23	61	0
2006	39	67	37	143	14,4	131	114,75
2007	23	35	87	145	1,4	727	454,96
2008	31	75	32	138	-4,83	92	-87,35
2009	52	41	31	124	-10,14	247	168,48

Sumber : Direktorat Jenderal Perhubungan Laut, Desember 2009

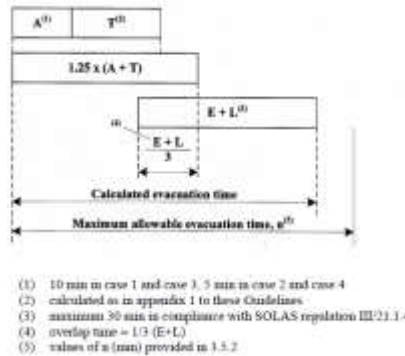
Dari beberapa faktor penyebab yang ada, ketersediaan LSA dan jalur evakuasi yang kurang sesuai menjadi faktor penting yang menyebabkan banyaknya korban jiwa. Solusi yang dibutuhkan adalah penyediaan alat-alat keselamatan pada kapal yang diterapkan secara efektif sesuai dengan regulasi SOLAS (*Safety Of Life At Sea Chapter III* tentang *Life-Saving Appliances and Arrangements* dan perancangan sistem jalur evakuasi yang efisien. Kapal Perintis 1200 GT merupakan kapal jenis *passenger ship* yang mulai dibangun pada akhir tahun 2015 dan masih berlangsung hingga sekarang. Kapasitas penumpang sebanyak 398 orang, ABK 36 orang, kadet 2 orang dan komparador 1 orang. Kapal Perintis 1200 GT mempunyai panjang keseluruhan (LOA) 62,80 m. Kapal Perintis 1200 GT belum dilengkapi dengan perancangan sistem evakuasi keadaan darurat di atas kapal. Pada penelitian ini dilakukan evaluasi terhadap ketersediaan LSA pada Kapal Perintis 1200 GT apakah sudah sesuai dengan peraturan di atas dan dilakukan

perancangan jalur sistem evakuasi yang optimal menggunakan IMO *Intern Guidelines*. Dalam mempermudah untuk mengetahui sistem evakuasi yang optimal, maka penelitian ini membuat simulasi menggunakan *software* Pathfinder. Sehingga dapat diketahui perbandingan antara perhitungan menggunakan IMO dengan *software* Pathfinder.

2. METODOLOGI

Pada penelitian ini, evaluasi LSA pada Kapal Perintis 1200 GT membahas pada *lifeboats, liferafts, lifebuoys, lifejackets* dan *distress flares* berdasarkan regulasi SOLAS (*Safety Of Life At Sea*) Chapter III tentang *Life-Saving Appliances and Arrangements*.

Rumus yang digunakan dalam menentukan perhitungan waktu evakuasi berdasarkan IMO’s MSC.1/Circ.1238 adalah :



Gambar 2 Ilustrasi Evakuasi Berdasarkan IMO
(Sumber : IMO’s Interim Guidelines MSC/Circ. 1238, 2007)

Dimana ketentuan “n” pada rumus pada Gambar 2 di atas sesuai dengan :

1. Ro-Ro *passenger ship* n = 60,
2. Kapal penumpang selain Ro-Ro *passenger ship*, n = 60 jika kapal memiliki tidak lebih dari 3 *main vertical zone*, dan 80 jika kapal memiliki lebih dari 3 *main vertical zone*.

Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi dalam menentukan perhitungan waktu evakuasi :

1. *Awareness Time* (A) harus 10 menit untuk kasus malam hari, dan 5 menit untuk kasus siang hari.
2. Menghitung *Travel Time* (T) dan
3. *Embarcation Time* (E) dan *Launching Time* (L)

Persamaan untuk menghitung total waktu evakuasi harus sesuai dengan persamaan 1 dan persamaan 2 berikut:

$$1,25 (A + T) + 2/3 (E + L) \leq n \tag{1}$$

$$E + L \leq 30 \text{ min} \tag{2}$$

Parameter yang harus diperhatikan dalam perhitungan :

- a. *Clear Width* (Wc)
- b. Densitas kepadatan orang atau *initial density of persons* (D)
- c. Kecepatan orang atau *speed of persons* (S)
- d. Aliran spesifik atau *specific flow of persons* (fs)

Tabel 2 Nilai Aliran Awal Spesifik dan Kecepatan Orang Sebagai Fungsi Kepadatan

Type of Facility	Initial density D (p/m ²)	Initial specific flow Fs (p/(ms))	Initial Speed of Persons S (m/s)
Corridors	0	0	1.2
	0.5	0.65	1.2
	1.9	1.3	0.67
	3.2	0.65	0.20
	≥ 3.5	0.32	0.10

(sumber : IMO’s Interim Guidelines MSC/Circ. , 1238 2007)

Tabel 3 Nilai Aliran Maksimum

Type of facility	Initial speed of persons S (m/s)
Stairs (down)	1.1
Stairs (up)	0.88
Corridors	1.3
Doorways	1.3

(sumber : IMO’s Interim Guidelines MSC/Circ 1238, 2007)

Tabel 4 Nilai Aliran dan Kecepatan Spesifik

Type of facility	Specific flow Fs (p/(ms))	Speed of person S (m/s)
Stairs (down)	0	1.0

	0.54	1.0
	1.1	0.55
Stairs (up)	0	0.8
	0.43	0.8
	0.88	0.44
Corridors	0	1.2
	0.65	1.2
	1.3	0.67

(sumber : IMO’s Interim Guidelines MSC/Circ. , 1238 2007)

e. Menghitung aliran orang atau *calculated flow of persons* (Fc)

Fc diperoleh dari Persamaan 3 berikut :

$$F_c = F_s \times W_e \tag{3}$$

f. Menghitung aliran waktu atau *flow time* (tF)

Flow time [s] diperoleh dari persamaan 4 berikut :

$$tF = N/F_c \tag{4}$$

g. t_{stair} (s)

h. t_{deck} (s)

i. $t_{assembly}$ (s)

j. Waktu keseluruhan atau *time overall* (tI)

Waktu jumlah keseluruhan dari Tf, t_{deck} , dan t_{stair} dituliskan seperti persamaan 5 berikut :

$$tI = t_f + t_{deck} + t_{stair} + t_{assembly} \tag{5}$$

k. Travel Time (T)

Waktu akhir yang dihitung dari rumus persamaan 6 berikut :

$$T = (\gamma + \delta)tI \tag{6}$$

Keterangan :

γ = safety factor = 2.0 untuk case 1 dan case 2; 1.3 untuk case 3 dan case 4

δ = counterflow factor = 0.3

tI = waktu keseluruha rute (*time overall*)

Setiap *master station* harus cukup luas untuk menampung setidaknya seluas 0.35 m² untuk setiap orang. Untuk membuat sebuah simulasi sistem evakuasi digunakan *software* Pathfinder versi 2016.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi kesesuaian *Life-Saving Appliances*

Tabel 5 Daftar *Life-Saving Appliances* Pada Kapal Perintis 1200 GT Sebelum Dilakukan Evaluasi

No	Nama <i>Life-Saving Appliances</i>	Jumlah (Unit)
1.	<i>Rescue boat / work boat</i>	2
2.	<i>Inflatable Liferrafts / ILR</i>	18
3.	<i>Lifebuoys with life line</i>	14
4.	<i>Lifebuoys with life line + light</i>	2
5.	<i>Lifejackets</i>	448
6.	<i>Lifejackets for child</i>	47
7.	<i>Parachute flares</i>	12

Berikut adalah Daftar *Life-Saving Appliances* Minimal Pada Kapal Perintis 1200 GT Sesudah Dilakukan Evaluasi dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 6 Daftar *Life-Saving Appliances* Minimal Pada Kapal Perintis 1200 GT Sesudah Dilakukan Evaluasi

No	Nama <i>Life-Saving Appliances</i>	Jumlah (Unit)	Keterangan
1.	<i>Lifeboats</i>	2	
2.	<i>Inflatable liferafts / ILR</i>	22	
3.	<i>Lifebuoys with life line</i>	2	
4.	<i>Lifebuoys with light</i>	4	
5.	<i>Lifebuoys with light + smoke signal</i>	2	
6.	<i>Lifejackets dewasa</i>	437	
7.	<i>Lifejackets for child</i>	40	
8.	<i>Lifejackets bayi</i>	10	Untuk kapal berlayar kurang dari 24 jam.
9.	<i>Lifejackets pada muster station</i>	22	
10.	<i>Parachute flares</i>	12	

Identifikasi *Muster Station* dan *Embarcation Station*

Kapal Perintis 1200 GT wajib menyediakan *muster station* dengan luasan minimal 152,95 m². Sedangkan perancangan 3 unit *muster station* menghasilkan luasan 169,22 m². Sehingga, total luas *muster station* yang dirancang masih memenuhi luasan minimal yaitu 169,22 m² > 152,95 m². *Embarcation station* terletak di *deck 3* yang bersebelahan dengan *muster station* dekat *lifeboat* dan juga bersebelahan dengan *muster station* dekat ILR pada *deck 4*.

Perhitungan Total Evacuation Time

Tabel 7 Hasil Perhitungan Travel Time (T) Case 1 dan Case 2

Escape route on	T deck	Tf	t Stair	t assembly	Ti	T
Deck 1 - Stair 1A	10,43	252,6	22,97	69,6	355,6	817,88
Deck 1 - Stair 1B	10,43	258,46	8,68	103	380,57	875,311
Deck 2 - Stair 2A	11,17	252,6	14,78	69,6	348,15	800,745
Deck 2 - Stair 2B	11,17	258,46	4,34	103	376,97	867,031
Deck 3 - Stair 3A	166	252,6	7,33	69,6	495,53	1139,719
Deck 3 - Stair 3C	166	252,6	52,35	69,6	540,55	1243,265
Deck 3 - Stair 3D	166	252,6	53,34	69,6	541,54	1245,542
Deck 4	59,8	252,6	0	69,6	382	878,6

Travel Time (T) yang dipergunakan adalah Travel Time (T) dari *deck 3* dengan nilai 1245,542 s atau 20,76 menit. Total Evacuation Time (n) untuk Night case (Case 1) adalah :

$$1,25 (A + T) + 2/3 (E + L) \leq n$$

$$1,25 (10 + 20,76) + 2/3 (30) = 58,45 \text{ menit} \leq 60 \text{ menit}$$

Total Evacuation Time (n) untuk Day case (Case 2) adalah :

$$1,25 (A + T) + 2/3 (E + L) \leq n$$

$$1,25 (5 + 20,76) + 2/3 (30) = 52,2 \text{ menit} \leq 60 \text{ menit}$$

Tabel 8 Hasil Perhitungan Travel Time (T) Case 3 dan Case 4

Escape route on	T deck	tf	t Stair	t assembly	ti	T
Deck 1 - Corridor 1A	9,49	369,15	21,66	69,6	469,9	751,84
Deck 2 - Corridor 2A	11,17	369,15	13,47	69,6	463,39	741,42
Deck 2 - Corridor 2C	11,17	369,15	7,45	103	490,77	785,23
Deck 2 - Corridor 2D	11,17	369,15	7,45	103	490,77	785,23
Deck 3 - Stair 3C	124,3	369,15	6,81	69,6	569,86	911,78
Deck 3 - Stair 3D	124,3	369,15	6,81	69,6	569,86	911,78
Deck 4	59,8	153,64	0	69,6	283,04	452,86

Maka Travel Time (T) yang dipergunakan adalah Travel Time (T) dari *deck 3 – muster station* dengan nilai 911,776 s atau 15,19 menit.

Total Evacuation Time (n) untuk Night case (Case 3) adalah :

$$1,25 (A + T) + 2/3 (E + L) \leq n$$

$$1,25 (10 + 15,19) + 2/3 (30) = 51,48 \text{ menit} \leq 60 \text{ menit}$$

Total Evacuation Time (n) untuk Day case (Case 4) adalah :

$$1,25 (A + T) + 2/3 (E + L) \leq n$$

$$1,25 (5 + 15,19) + 2/3 (30) = 45,23 \text{ menit} \leq 60 \text{ menit}$$

Simulasi Pathfinder

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan Pathfinder, waktu yang diperlukan untuk berkumpul pada *muster station* (ti) case 1 dan case 2 didapatkan waktu sebesar 547,3 detik. Sedangkan untuk case 3 dan case 4 didapatkan waktu sebesar 576,4 detik. Pada perancangan manual sebelumnya diperlukan waktu berkumpul pada *muster station* (ti) selama 541,54 detik untuk case 1 dan case 2, sedangkan case 3 dan case 4 diperlukan waktu sebesar 569,86 detik.

Berikut adalah perhitungan prosentase perbedaan antara hasil simulasi dan perhitungan manual diatas :

1. Prosentase perbedaan *case 1* dan *case 2*

$$\begin{aligned} \text{Prosentase} &= \frac{\text{hasil simulasi} - \text{hasil perhitungan}}{\text{hasil simulasi}} \times 100\% \\ &= \frac{547,3 \text{ detik} - 541,54 \text{ detik}}{547,3 \text{ detik}} \times 100\% \\ &= 1,05\% \end{aligned}$$

2. Prosentase perbedaan *case 3* dan *case 4*

$$\begin{aligned} \text{Prosentase} &= \frac{\text{hasil simulasi} - \text{hasil perhitungan}}{\text{hasil simulasi}} \times 100\% \\ &= \frac{576,4 \text{ detik} - 569,86 \text{ detik}}{576,4 \text{ detik}} \times 100\% \\ &= 1,13\% \end{aligned}$$

Dari hasil prosentase perbedaan diatas didapatkan rata-rata prosentase sebesar 1,09% dan kurang dari 5%, sehingga penyimpangan dari perhitungan manual dan hasil dari simulasi masih dapat diterima.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi LSA, perancangan sistem evakuasi dan pembuatan simulasi yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan perhitungan yang mengacu pada SOLAS *Chapter III* mengenai LSA, bahwa jumlah kebutuhan *Liferaft*, *Lifebuoy* dan *Lifejacket* sebelum dilakukan evaluasi belum memenuhi regulasi yang ditetapkan.
2. Kapal Perintis 1200 GT wajib menyediakan *muster station* dengan luasan minimal 152,95 m². Sedangkan perancangan 3 unit *muster station* menghasilkan luasan 169,22 m². Sehingga total luas *muster station* yang dirancang masih memenuhi luasan minimal yaitu 169,22 m² > 152,95 m². *Embarcation station* terletak di *deck 3* yang bersebelahan dengan *muster station* dekat *lifeboat* dan juga bersebelahan dengan *muster station* dekat ILR pada *deck 4*.
3. *Total Evacuation Time* berdasarkan hasil perhitungan memenuhi syarat yang ditentukan IMO yaitu kurang dari 60 menit. Waktu yang dibutuhkan untuk *Case 1* adalah selama 58,45 menit, *Case 2* selama 52,2 menit, *Case 3* selama 51,48 menit dan *Case 4* selama 45,23 menit.
4. Hasil perhitungan manual menunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan *occupant* untuk mencapai dan berkumpul di *muster station* (t_1) pada *case 1* dan *case 2* yaitu sebesar 541,54 detik sedangkan hasil simulasi sebesar 547,3 detik. Pada *case 3* dan *case 4* t_1 hasil perhitungan manual yaitu sebesar 569,86 detik sedangkan hasil simulasi sebesar 576,4 detik.
5. Hasil prosentase *perbedaan* antara hasil perhitungan manual dan hasil simulasi didapatkan rata-rata prosentase sebesar 1,09% dan kurang dari 5%, sehingga penyimpangan dari perhitungan manual dan hasil dari simulasi masih dapat diterima.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Adi, Sri Pranoto, 2015. *Perancangan dan Simulasi Emergency Respon Plan Pada KM Sabuk Nusantara 52 Dengan Bantuan Piranti Lunak Pathfinder*. Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja.
- IMO, 2014. *Safety Of Life At Sea (SOLAS) Consolidated Edition 2014*. 6th edition 2014. London: International Maritime Organization.
- Informasi Transportasi Kementerian Perhubungan Tahun 2009, <http://dephub.go.id> diakses Pada 27/12/20016 Pukul 00:22.
- MSC/Circ.1238, 2007. *Guidelines for Evacuation Analysis for New and Existing Passenger Ships*. London: International Maritime Organization.
- Thunderhead, 2016. *User Manual Pathfinder Version 2016*. USA: Thunderhead Engineering.