

# KAJIAN WAKTU EVAKUASI DENGAN METODE SIMPLIFIED PADA KAPAL PERINTIS

## *Evacuation Time Study with Simplified Method on Ro-Ro Ship 1200 GT*

**Kusnindar Priohutomo<sup>1</sup>, Budi Rolly Yuana<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Surabaya

Email: kusnindar.priohutomo@gmail.com

Diterima: 25 September 2017; Direvisi: 1 November 2017; Disetujui: 5 Desember 2017

### **Abstrak**

Salah satu penyebab besarnya korban jiwa dalam sebuah kecelakaan kapal di jalur pelayaran adalah dikarenakan kurangnya informasi mengenai jalur atau rute evakuasi yang harus dilalui penumpang bila terjadi kecelakaan. Oleh sebab itu kajian mengenai jalur evakuasi utama didalam sebuah kapal saat terjadinya kecelakaan perlu dilakukan dengan cermat, terutama untuk kapal yang mengangkut banyak penumpang seperti kapal perintis. Pada paper ini akan dibahas mengenai kajian waktu evakuasi penumpang di kapal dengan metode *simplified*, berdasarkan ketentuan dari IMO. Agar dapat mengetahui apakah waktu yang diperlukan penumpang untuk keluar dari kapal sudah memenuhi standart dari IMO. Beberapa parameter dibuat tetap seperti kecepatan orang berjalan yaitu 0.8 m/s. Dari hasil perhitungan yang dilakukan, waktu evakuasi seluruh penumpang pada kapal perintis masih dibawah standar dari IMO yaitu sekitar 56 menit 22 detik. Titik kritis terdapat pada *main deck* dan titik kepadatan terdapat pada *corridor* di lantai tiga atau *crew deck*, dimana terdapat 118 orang yang berkumpul untuk menuju tangga ke lantai empat atau *bridge deck*.

**Kata kunci:** kecelakaan kapal, waktu evakuasi, titik kepadatan, titik kritis, kapal perintis

### **Abstract**

*One of the numbers of fatalities in a boating accident in shipping lanes is due to lack of information about the path or route to be followed passenger evacuation in an accident. Therefore, a study of the main evacuation route in the ship when the accident occurred needs to be done carefully. Especially for ships carrying many passengers as the pioneer ship. This paper will discuss the study period the evacuation of passengers on board with a simplified method based on the provisions of the IMO. Some parameters are made permanent as the walking speed is 0.8 m/s. From the results of calculations performed, the time evacuation of all passengers on a ship pioneer is still below the standard of IMO which is about 56 minutes 22 seconds. There is a critical point on the main deck and point density corridor located on the third floor or crew deck, where there are 118 people who had gathered to get to the stairs to the fourth floor or bridge decks.*

**Keywords:** ship accidents, evacuation time, density point, critical point, the pioneer ship

## PENDAHULUAN

Di dalam perancangan sebuah kapal dalam hal ini kapal perintis untuk penyeberangan antar pulau banyak hal yang perlu dilakukan kajian lanjut. Termasuk kajian mengenai waktu evakuasi penumpang bila terjadi kecelakaan kapal.

Organisasi Maritim Internasional (IMO) sudah mengatur metode dalam menganalisa waktu evakuasi penumpang kapal dan para ABK kapal. Beberapa asumsi dibuat dan dikembangkan untuk mendukung keakuratan regulasi IMO tersebut. Antara lain (a) kecepatan berjalan orang tergantung pada kepadatan kerumunan orang, tipe dan model jalur serta arah kerumunan, (b) arah pergerakan berlawanan umumnya diperhitungkan berdasarkan *counter flow factor*, (c) pergerakan orang diasumsikan tanpa rintangan, (d) pengaruh pergerakan kapal, umur penumpang serta keterbatasan ruang gerak akibat asap kesemuanya diperhitungkan melalui *safety factor*.

Banyaknya terjadi kecelakaan kapal di Indonesia dalam kurun waktu enam tahun terakhir (2010-2016) sebagaimana daftar yang dikeluarkan Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT), mencatat terjadi 54 kasus kecelakaan pelayaran dengan korban jiwa dan material yang tidak sedikit. Hal ini menunjukkan pentingnya pencegahan dan penanganan pada saat terjadinya kecelakaan.

Oleh karena itu perlu dilakukan kajian mengenai waktu evakuasi penumpang apabila terjadi kecelakaan kapal. Waktu evakuasi berhubungan dengan jalur evakuasi didalam kapal. Jalur evakuasi harus diperhitungkan dengan cermat agar semua penumpang dapat keluar dari kapal pada saat terjadi kecelakaan.

## TINJAUAN PUSTAKA

Menurut data investigasi kecelakaan pelayaran tahun 2010-2016 yang dikeluarkan oleh KNKT pada tanggal 25 November 2016 menyebutkan bahwa kecelakaan kapal yang terjadi di Indonesia didominasi tabrakan kapal dan kapal terbakar. Dari setiap kecelakaan kapal memakan korban yang tidak sedikit baik korban hilang-meninggal maupun korban luka. Oleh karena itu perlu dilakukan kajian mengenai waktu evakuasi penumpang dikapal agar semua penumpang dapat keluar dari kapal dengan selamat.

Kajian dilakukan oleh Smith (1995) untuk menganalisa kecepatan bergerak orang berbanding dengan kerapatan orang (*density*). Dari hasil penelitiannya didapatkan kecepatan 1.3 m/s untuk setiap 0.1 orang/m<sup>2</sup>, 0.7 m/s untuk 2.2 orang/m<sup>2</sup> dan

0.3 m/s untuk 4 orang/m<sup>2</sup>.

Kajian lain dilakukan oleh Kutuhara, dkk. (1998) melakukan kajian selama kurang lebih 3 tahun dari tahun 1994. Pergerakan orang menuju tempat evakuasi direkam dan hasilnya adalah kecepatan jalan orang sekitar 1.4 m/s pada koridor, 0.7 m/s di tangga dan *maximum density* 3 orang/m<sup>2</sup>.

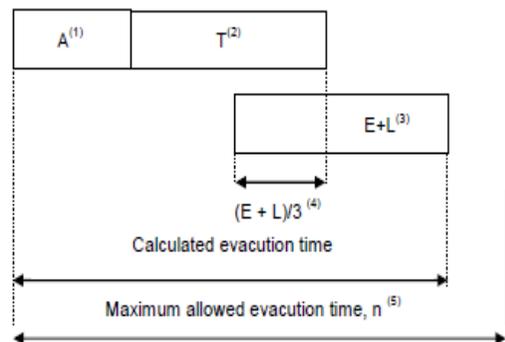
Eksperimen lain yang dilakukan oleh Murayama, dkk. (2000), melakukan percobaan dengan *sampling* laki-laki dewasa dan wanita dewasa. Lebar koridor bervariasi (1.2 m; 0.9 m; 0.6 m) sedangkan *pitch* dan *roll* stabil (+20° ~ -20°). Dari hasil eksperimen didapatkan kecepatan orang pada kondisi kapal *static* berkisar antara 1.23 – 1.25 m/s. Pada saat kondisi kapal trim, kecepatan berjalan laki-laki dewasa sekitar 0.28 m/s dan wanita dewasa 0.71 m/s.

Lee, dkk. (2004) melakukan kajian tentang kecepatan berjalan secara sendirian dan berkelompok. Hasilnya dari kajian tersebut didapatkan bahwa kecepatan berjalan secara berkelompok berkurang sebesar 20% dibandingkan dengan kecepatan berjalan sendirian dengan jarak antar kelompok sejauh 3 m.

## Kriteria IMO

Sejak tahun 1970, IMO telah mempublikasikan secara intensif ketentuan standar tentang evakuasi penumpang kapal laut, hal tersebut tertera sebagaimana pada ketentuan SOLAS yang berkaitan tentang keselamatan kapal dan jumlah pelampung penolong serta karakteristiknya.

IMO (1999) menerbitkan MSC Circ. 909 dengan judul pedoman *interim* analisa evakuasi sederhana, ketentuan tersebut adalah upaya pertama untuk menganalisa secara keseluruhan tentang pergerakan penumpang didalam kapal selama proses evakuasi.



Gambar 1. Waktu evakuasi maksimum (IMO, 2002)  
IMO (2002) menerbitkan MSC Circ. 1033 dengan

Kajian Waktu Evakuasi dengan Metode Simplified pada Kapal Perintis  
(Kusnindar Priohutomo, Budi Rolly Yuana)

judul pedoman *interim* analisis evakuasi untuk kapal baru dan yang sudah ada, aturan tersebut berisi dua metode yaitu (a) analisis sederhana (*simplified method*) dan (b) analisis lanjutan (*advance method*).

Dari *simplified method* yang dikeluarkan oleh IMO didapatkan total waktu maksimum evakuasi penumpang kapal yang ditunjukkan pada Gambar 1.

Dari skema pada Gambar 1 dapat disederhanakan persamaan sebagai berikut:

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

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

Dimana:

A = *Awerness time* / waktu tanggap

T = *Travel time* / waktu perjalanan

E = *Embarcation time* / waktu embarkasi

L = *Launching time* / waktu berangkat

Sedangkan tabel aliran spesifik dan kecepatan orang orang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Aliran spesifik dan kecepatan orang

Jenis fasilitas	Aliran Spesifik FS (p/ms)	Kecepatan orang S (m/s)
Stairs (down)	0	1,0
	0,04	1,0
	0,11	0,66
Stairs (up)	0	0,8
	0,43	0,8
	0,88	0,44
Corridors	0	1,2
	0,05	1,2
	0,13	0,87

## METODOLOGI

### Metode Analisa

Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah *simplified method*. Dimana untuk aliran spesifik dan kecepatan orang menggunakan sejumlah koefisien yang telah disyaratkan IMO pada Tabel 1.

### Kapal Perintis

Kapal perintis adalah kapal pelayanan angkutan yang digunakan pada trayek-trayek yang belum memberikan manfaat komersial. Gambar kapal perintis ditampilkan pada Gambar 2.

Pada Gambar 2, Kapal Perintis 1200 GT memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Spesifikasi kapal:

- Panjang keseluruhan (Loa) : 62.8 m
- Panjang antara garis tegak (Lpp) : 57.4 m
- Lebar (*moulded*) (Bmid) : 12 m
- Tinggi (*moulded*) (Hmid) : 4 m

- Sarat air (d) : 2.7 m
- Kecepatan dinas (Vs) : 12 knot



Gambar 2. Kapal Perintis 1200 GT

### Kapasitas Penumpang

- a) Penumpang
  1. Ekonomi : 380 orang
  2. Kelas II : 16 orang
  3. Kelas I : 4 orang
- b) Barang: 50 ton
- c) ABK: 70 orang

Untuk memenuhi aturan SOLAS terdapat perlengkapan keselamatan jiwa (*life saving appliances*) yang terpasang di kapal antara lain:

- *Life Boat*: 2 unit (kap @70 pax)
- *Inflatable Life Raft* (ILR) : 25 unit (kap @ 50 pax)
- *Life Jacket* : 400 set
- *Life Buoy* (ring penyelamat) : 25 unit
- Dan peralatan lain sesuai dengan regulasi LSA/SOLAS

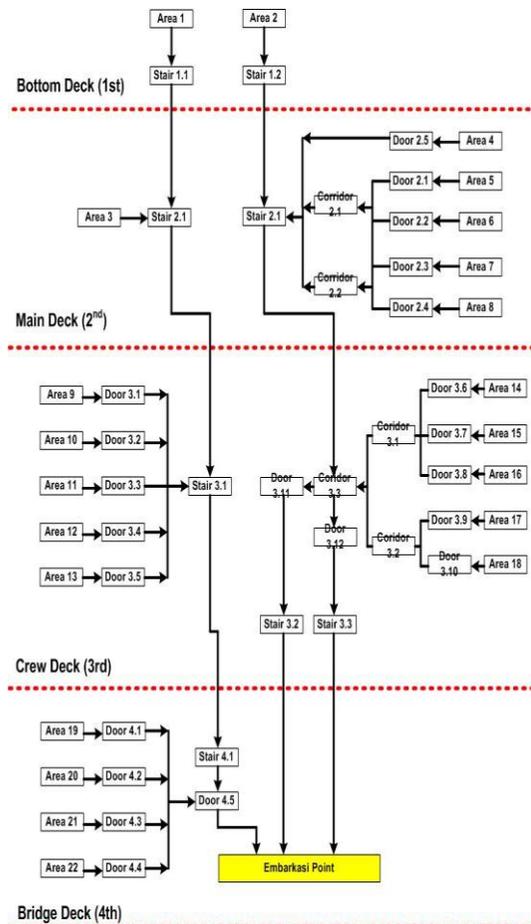
### Kondisi Jalur Evakuasi

Jalur evakuasi pada Kapal Perintis 1200 GT dibagi dalam 4 *deck* utama yaitu *bottom deck*, *main deck*, *crew deck* dan *bridge deck*. Keempat *deck* tersebut digambarkan pada diagram hidrolik pada gambar 3.

Dari Gambar 3 dapat dilihat dari atas yaitu *bottom deck* merupakan *deck* paling bawah dari kapal, kemudian di atasnya dinamakan *main deck*, di atasnya lagi dinamakan *crew deck* dan paling atas dinamakan *bridge deck*.

### Skenario Kecelakaan

Pada paper ini skenario kecelakaan yang terjadi adalah kebakaran yang terjadi pada *bottom deck*, sehingga semua orang dievakuasi menuju *bridge deck*. Sekoci dan alat keselamatan lain berada di *bridge deck*. Kapal diskenariokan pada posisi *even keel* dan tidak mengalami *trim*.



Gambar 3. Diagram hidrolik jalur evakuasi

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Skenario Evakuasi

Tabel 2. Skenario evakuasi pada *bottom deck*

Bottom Deck				
Item	Wc (clear width)	Length	Area	Notes
	m	m	m <sup>2</sup>	
Bottom Deck-Area 1	12	11	132	to stair 1.1
Bottom Deck-Area 2	12	9	108	to stair 1.2
Bottom Deck-Stair 1.1	1	2.5	2.5	to Stair 2.1
Bottom Deck-Stair 1.2	1	2.5	2.5	to Stair 2.2

Pada *bottom deck* terbagi menjadi 2 area yaitu area 1 dan area 2 dan terdapat dua tangga naik ke lantai *Main Deck* dimana diuraikan dalam Tabel 2.

Pada *main deck* terbagi menjadi 2 area dan 4 kamar yaitu area 3 dan area 4 serta kamar 1 sampai kamar 4 dan terdapat dua tangga naik ke lantai *crew deck* dimana diuraikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Skenario evakuasi pada *main deck*

Main Deck				
Item	Wc (clear width)	Length	Area	Notes
	m	m	m <sup>2</sup>	
Main Deck-Area 3	6	13.2	79.2	to Stair 2.1
Main Deck-Area 4	6	13.2	79.2	to Stair 2.1
Main Deck-Stair 2.1	1	2.5	2.5	to Stair 3.1
Main Deck-Room 1	3.5	3.5	12.25	to Door 2.1
Main Deck-Door 2.1	1.8	-	-	to Corridor 2.1
Main Deck-Room 2	3.5	3.5	12.25	to Door 2.2
Main Deck-Door 2.2	1.8	-	-	to Corridor 2.1
Main Deck-Room 3	3.5	3.5	12.25	to Door 2.3
Main Deck-Door 2.3	1.8	-	-	to Corridor 2.2
Main Deck-Room 4	3.5	3.5	12.25	to Door 2.4
Main Deck-Door 2.4	1.8	-	-	to Corridor 2.2
Main Deck-Corridor 2.1	1.25	16	20	to Stair 2.2
Main Deck-Corridor 2.2	1.25	16	20	to Stair 2.2
Main Deck-Stair 2.2	1	2.5	2.5	to Stair 3.2

Tabel 4. Skenario evakuasi pada *crew deck*

Crew Deck				
Item	Wc (clear width)	Length	Area	Notes
	m	m	m <sup>2</sup>	
Crew Deck-Room 5	3.7	3	11.1	to Door 3.1
Crew Deck-Door 3.1	1.8	-	-	to Stair 3.1
Crew Deck-Room 6	3.7	3	11.1	to Door 3.2
Crew Deck-Door 3.2	1.8	-	-	to Stair 3.1
Crew Deck-Room 7	3.7	3	11.1	to Door 3.3
Crew Deck-Door 3.3	1.8	-	-	to Stair 3.1
Crew Deck-Room 8	3.7	3	11.1	to Door 3.4
Crew Deck-Door 3.4	1.8	-	-	to Stair 3.1
Crew Deck-Room 9	10	3.4	34	to Door 3.5
Crew Deck-Door 3.5	1.8	-	-	to Stair 3.1
Crew Deck-Room 10	2.5	3.5	8.75	to Door 3.6
Crew Deck-Door 3.6	1.8	-	-	to Corridor 3.1
Crew Deck-Room 11	2.5	3.5	8.75	to Door 3.7
Crew Deck-Door 3.7	1.8	-	-	to Corridor 3.1
Crew Deck-Room 12	2.5	3.7	9.25	to Door 3.8
Crew Deck-Door 3.8	1.8	-	-	to Corridor 3.1
Crew Deck-Room 13	2.5	3.5	8.75	to Door 3.9
Crew Deck-Door 3.9	1.8	-	-	to Corridor 3.2
Crew Deck-Room 14	2.5	3.5	8.75	to Door 3.10
Crew Deck-Door 3.10	1.8	-	-	to Corridor 3.2
Crew Deck-Corridor 3.1	1.1	12	13.2	to Corridor 3.3
Crew Deck-Corridor 3.2	1.1	12	13.2	to Corridor 3.3
Crew Deck-Corridor 3.3	4.8	8.4	40.32	to Door 3.12/3.13
Crew Deck-Door 3.11	1.8	-	-	to Stair 3.2
Crew Deck-Door 3.12	1.8	-	-	to Stair 3.3
Crew Deck-Stair 3.1	1	2.5	2.5	to Stair 4.1
Crew Deck-Stair 3.2	1	2.5	2.5	to MP
Crew Deck-Stair 3.3	1	2.5	2.5	to MP
Crew Deck-Stair 3.4	1	2.5	2.5	to Corridor 3.3

Tabel 5. Skenario evakuasi pada *bridge deck*

Bridge Deck				
Item	Wc (clear width)	Length	Area	Notes
	m	m	m <sup>2</sup>	
Bridge Deck-Room 15	3.5	2.8	9.8	to Door 4.1
Bridge Deck-Door 4.1	1.8	-	-	to Door 4.5
Bridge Deck-Room 16	3.5	2.8	9.8	to Door 4.2
Bridge Deck-Door 4.2	1.8	-	-	to Door 4.5
Bridge Deck-Room 17	3.5	2.8	9.8	to Door 4.3
Bridge Deck-Door 4.3	1.8	-	-	to Door 4.5
Bridge Deck-Room 18	3.5	2.8	9.8	to Door 4.4
Bridge Deck-Door 4.4	1.8	-	-	to Door 4.5
Bridge Deck-Door 4.5	1.8	-	-	to MP
Bridge Deck-Stair 4.1	1	2.5	2.5	to Door 4.5

Pada *crew deck* terbagi menjadi 10 kamar yaitu kamar 5 sampai kamar 14 dan terdapat 3 tangga naik ke lantai *bridge deck* dimana diuraikan dalam Tabel 4.

Pada *bridge deck* terbagi menjadi 4 kamar yaitu kamar 15 sampai kamar 18 dan terdapat tempat kumpul (*muster point*) dan tempat *launching* (*embarkation point*) dimana diuraikan dalam Tabel 5.

**Perhitungan Waktu Evakuasi**

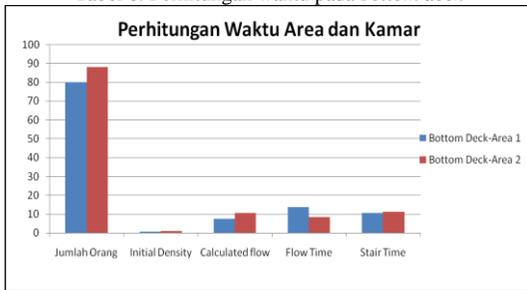
Dari rute evakuasi yang telah dijelaskan pada Tabel 2 sampai Tabel 4, maka untuk setiap area, kamar *corridor* dan tangga yang ada dihitung besaran *initial density*, *calculated flow*, *flow time* dan *stair time* pada tiap bagian.

Sedangkan *initial spesific flow* untuk daerah area 0.8 p/ms, untuk daerah kamar sebesar 1.3 p/ms, untuk daerah pintu sebesar 1.04 p/ms, untuk daerah koridor sebesar 0.32 p/ms dan untuk daerah tangga sebesar 0.8 p/ms sedangkan *initial speed of person* dibuat tetap sebesar 0.8 m/s. Rumus untuk mencari masing-masing parameter tersebut dijelaskan sebagai berikut:

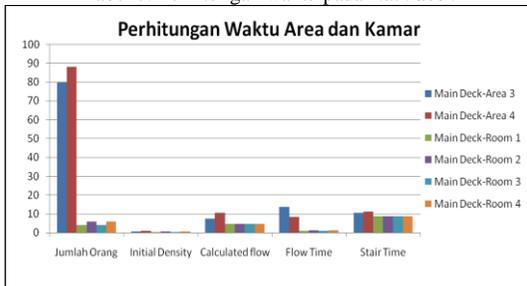
- Initial Density (D)* = jumlah orang / luas area
- Calculated Flow (Fc)* = *initial spesific flow* \* lebar area
- Flow Time (tF)* = jumlah orang \* Fc
- Stair Time* = panjang area / *initial speed of person*

**Perhitungan Waktu Area dan Kamar**

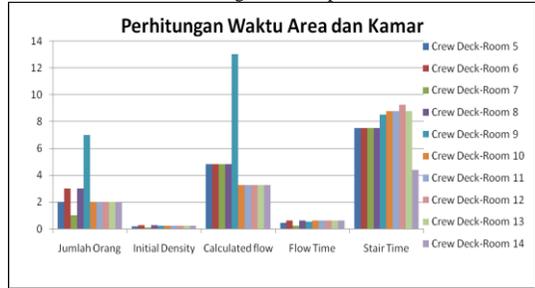
Tabel 6. Perhitungan waktu pada *bottom deck*



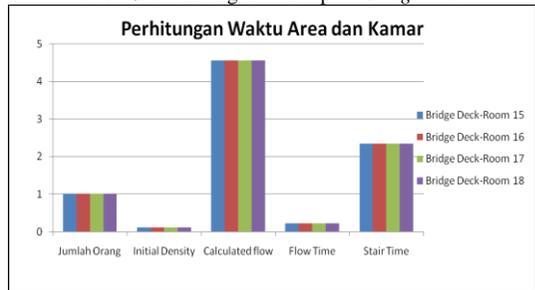
Tabel 7. Perhitungan waktu pada *main deck*



Tabel 8. Perhitungan waktu pada *crew deck*

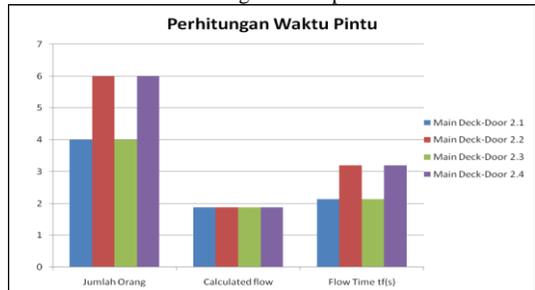


Tabel 9. Perhitungan waktu pada *bridge deck*



**Perhitungan Waktu Pintu**

Tabel 10. Perhitungan waktu pada *main deck*



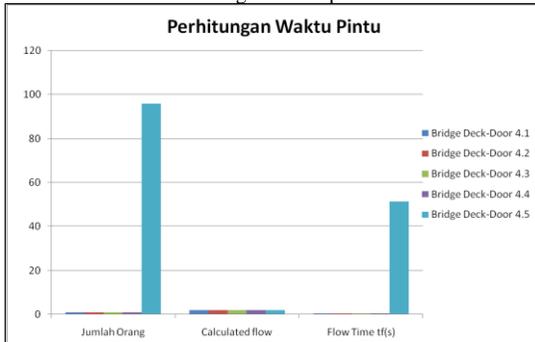
Tabel 11. Perhitungan waktu pada *crew deck*



Dari rumus diatas maka dibuat tabel perhitungan waktu area dan kamar pada masing-masing *deck*. Untuk *bottom deck* hasil perhitungan ditampilkan pada Tabel 6. Untuk *main deck* hasil perhitungan

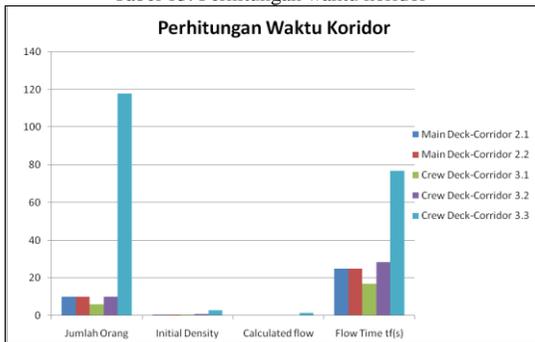
ditampilkan pada Tabel 7. Sedangkan untuk *crew deck* hasil perhitungan ditampilkan pada Tabel 8. Terakhir untuk *bridge deck* hasil perhitungan ditampilkan pada Tabel 9. Untuk perhitungan waktu pintu pada *main deck* ditampilkan pada Tabel 10. Untuk *crew deck* ditampilkan pada Tabel 11. Untuk *main deck* ditampilkan pada Tabel 12.

Tabel 12. Perhitungan waktu pada *main deck*



### Perhitungan Waktu Koridor

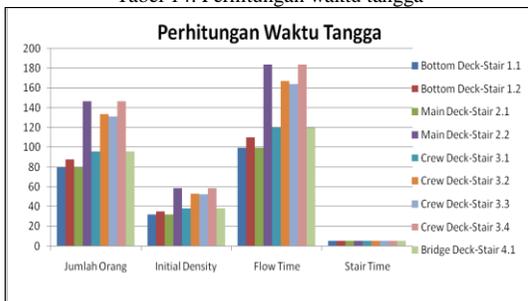
Tabel 13. Perhitungan waktu koridor



Untuk perhitungan waktu koridor pada *main deck* dan *crew deck* akan ditampilkan pada Tabel 13.

### Perhitungan Waktu Tangga

Tabel 14. Perhitungan waktu tangga



Untuk perhitungan waktu tangga pada setiap *deck* akan ditampilkan pada Tabel 14.

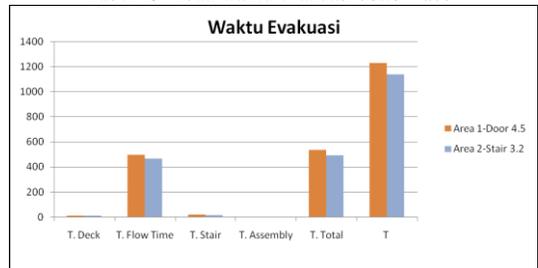
### Total Waktu Evakuasi

Dari Tabel 6 sampai Tabel 14, maka dapat disederhanakan menjadi tabel total waktu evakuasi dimana tabel ini merepresentasikan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan evakuasi total penumpang.

### Perhitungan Total Waktu

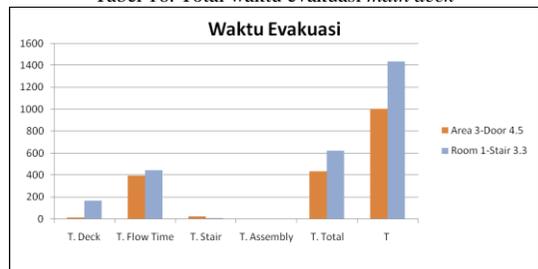
Dari posisi *bottom deck* diambil *sampling* dari area 1 dan area 2 dimana total waktu evakuasi ditampilkan pada Tabel 15.

Tabel 15. Total waktu evakuasi *bottom deck*

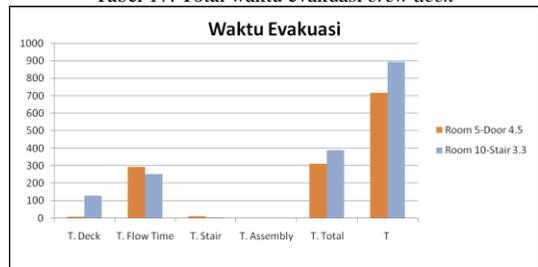


Dari posisi *main deck* diambil *sampling* pada area 3 dan kamar 1 dimana total waktu evakuasi ditampilkan pada Tabel 16. Dari posisi *crew deck* diambil *sampling* pada kamar 5 dan 10 dimana total waktu evakuasi ditampilkan pada Tabel 17.

Tabel 16. Total waktu evakuasi *main deck*

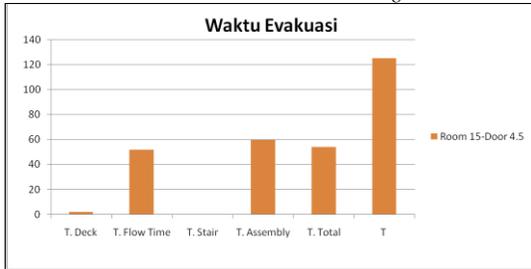


Tabel 17. Total waktu evakuasi *crew deck*



Sedangkan posisi *bridge deck* diambil *sampling* pada kamar 15 dimana total waktu evakuasi ditampilkan pada Tabel 18.

Tabel 18. Total waktu evakuasi *bridge deck*



Dari Tabel 15 sampai Tabel 18, didapatkan total nilai T yang terbesar ada pada kamar 1 di *main deck* sampai ke tangga 3.3 di *crew deck*. Nilai total waktu evakuasi adalah 1438.99 detik. Karena skenario kecelakaan pada siang hari dan kapal tidak mengalami *trim* maka digunakan *awareness* sebesar 5 menit dan nilai E+L diasumsikan 30 menit sehingga bila dihitung menggunakan rumus maka hasilnya sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Total waktu evakuasi} &= 1.25 * (A+T) + 2/3 (E+L) \\
 &= 1.25*(300+1438.99)+2/3 (30) \\
 &= 2173.740512 \text{ detik} + 20 \\
 &\quad \text{menit} \\
 &= 56.22900853 \text{ menit atau } 56 \\
 &\quad \text{menit } 22 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

## KESIMPULAN

Dengan jalur evakuasi ini penumpang yang ada pada Kapal Perintis 1200 GT memenuhi ketentuan yang disyaratkan IMO dalam upaya penyelamatan penumpang terhadap bahaya kebakaran.

Efektifitas waktu yang digunakan selama proses evakuasi bergantung pada jumlah penumpang dan jarak tempuh menuju koridor embarkasi.

Titik kritis jalur evakuasi Kapal Perintis 1200 GT terjadi pada *main deck* dihitung dari *room 1* sampai ke *stairway 3.3* sebelum menuju *muster point*.

Titik kepadatan terjadi pada *corridor 3.3* dimana terdapat 118 orang yang berkumpul pada titik ini. Untuk dapat naik ke *bridge deck* dari *corridor 3.3* terdapat dua pintu keluar dan dua tangga naik, sehingga kepadatan dapat sedikit terurai.

## DAFTAR PUSTAKA

- IMO. (1999). *Interim Guidelines for a Simplified Evacuation Analysis on Ro-Ro Passenger Ships*. International Maritime Organization, London.
- IMO. (2002). *Interim Guidelines for Evacuation Analyses for New and Existing Passenger Ships*. International Maritime Organization, London.
- KNKT. (2016). *Data Investigasi Kecelakaan Pelayaran Tahun 2010-2016*. Media Release KNKT.
- Lee, D., Park, J. H., dan Kim, H. A. (2004). Study On Experiment Of Human Behavior For Evacuation Simulation. *Journal of Ocean Engineering*, Vol. 31: 931–941.
- Murayama, M., Itagaki, T., dan Yoshida, K. (2000). Study On Evaluation of Escape Route by Evacuation Simulation. *Journal of the Society of Naval Architects of Japan*, Vol. 188: 441–448.
- Smith, R. A. (1995). Density, Velocity and Flow Relationships for Closely Packed Crowds. *Safety Science*, Vol. 18: 321–327.

Halaman kosong