

# PERMODELAN EVAKUASI PENUMPANG SAAT KEADAAN DARURAT PADA STUDI KASUS KAPAL PENYEBRANGAN INDONESIA

Rudianto

Prodi Teknik Konstruksi Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Jember

Email: rudianto@unej.ac.id

## Abstrak

Data kecelakaan kapal dari Komisi Nasional Keselamatan Kapal (KNKT) selama 7 tahun terakhir (2010 – 2016) sudah mencapai 54 kasus, jumlah tersebut semakin meningkat setiap tahunnya. Kecelakaan kapal terbagi atas kapal tenggelam, tubrukan dan terbakar. Selama rentang 5 tahun tersebut, sebanyak 337 orang meninggal atau hilang dan 474 orang mengalami luka. Perlu dilakukan evaluasi serta pemberian rekomendasi untuk proses evakuasi apabila terjadi kecelakaan. Proses analisa khususnya pada evakuasi penumpang, masih menggunakan standart IMO (Internasional Maritime Organization) terkait data kecepatan berjalan baik dari penumpang maupun kru kapal. Pada penelitian ini akan dilakukan analisa kecepatan lari penumpang pada beberapa daerah di Indonesia saat berada di kapal. Hasil analisa yang diperoleh akan mengetahui apakah proses evakuasi yang ada sudah sesuai dengan standart IMOMSC.1/Circ 1238. Selain kecepatan berjalan penumpang, yang akan dianalisa kemudian adalah distribusi posisi dan perilaku penumpang ketika sedang berlayar.

**Kata Kunci:** *evakuasi, kecepatan berjalan penumpang, waktu evakuasi penumpang*

## PENDAHULUAN

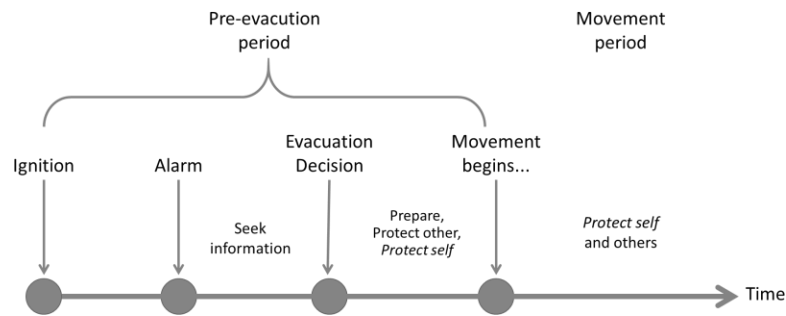
Seiring berkembangnya teknologi terkait simulasi evakuasi keadaan darurat baik untuk darat maupun laut, yang awalnya hanya sebatas numerik sekarang sudah semakin natural dan hampir mendekati dengan kondisi sebenarnya. Data dari Komite Nasional Keselamatan Kapal (KNKT) selama 7 tahun terakhir (2010-2016) menunjukkan terjadinya peningkatan angka kecelakaan setiap tahunnya yang memakan korban jiwa yang tidak sedikit. Menurut (Internasional Maritime Organization) IMO, kecelakaan kapal dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu; tenggelam, kebakaran, tubrukan, kandas, terbalik dan ledakan (IMO, 1993).

Dari banyaknya kasus kecelakaan yang ada, perlu dikaji lebih dalam terkait keselamatan pelayaran. Kajian tersebut dapat memberikan rekomendasi pada beberapa pihak terkait keselamatan pelayaran. Salah satu faktor keselamatan pelayaran adalah evakuasi kapal ketika keadaan darurat. Evakuasi penumpang menjadi faktor penting guna mengurangi jumlah korban dari kecelakaan kapal yang terjadi. Perencanaan sedemikian rupa terkait evakuasi penumpang menjadi hal yang perlu diperhatikan (C. Fuad and W. D. Aryawan, 2011). Evakuasi penumpang terkait dengan waktu evakuasi, rute evakuasi dan kecepatan evakuasi (penumpang). IMO sudah menemukan metode sederhana untuk proses evakuasi penumpang. Metode tersebut sudah didukung oleh banyak peneliti terkait pergerakan penumpang baik dari segi kecepatan berjalan, pergerakan yang berlawanan arah, pergerakan yang tidak disertai halangan, pengaruh gerakan kapal, usia penumpang, dan keterbatasan ruang gerak (IMO, 2002).

## MODEL STRUKTURAL

Pada dasarnya evakuasi terbagi menjadi beberapa tahapan, yaitu Pre-evacuation yang terdiri dari munculnya api, bunyi alarm, keputusan dan mulai pergerakan. Setelah pre-evacuation langkah selanjutnya adalah movement, dimana pergerakan ini adalah proses berjalannya evakuasi yang diukur dengan satuan waktu (time) (IMO, 2007).





Gambar 1. Emergency Timeline

Berdasarkan regulasi, batasan maksimum waktu evakuasi telah diatur oleh IMO yaitu sebesar <60 menit (IMO, 2007). Sehingga total waktu evakuasi baik secara simulasi maupun perhitungan tidak boleh melebihi nilai yang telah ditentukan. Namun total waktu tersebut tidak dapat dijadikan tolak ukur untuk evakuasi, evakuasi harus dilakukan dengan cepat agar memaksimalkan jumlah penumpang yang selamat. Evakuasi dalam keadaan darurat merupakan hal terpenting yang harus ada pada kapal (C. W. Chu, H. A. Lu, and C. Z. Pan, 2013). Selain itu Beberapa hal yang mempengaruhi proses evakuasi adalah adanya beberapa titik kritis seperti; pintu dan tangga atau penyempitan rute pada beberapa ruangan (A. H. Muhammad, D. Paroka, and Bahrun, 2013).

Kecepatan berjalan diperoleh dari 2 studi literatur; Peraturan IMO dan penelitian tentang kecepatan berjalan penumpang Indonesia. Dimana dari penelitian tersebut disebutkan bahwa kecepatan berjalan penumpang Indonesia lebih cepat dari IMO standar (T. Pitana, K. B., dkk., 2017). Selain kecepatan berjalan, data waktu respons juga diperoleh dari 2 studi literatur; Peraturan dan penelitian IMO dilakukan pada feri (tanpa kabin) di mana waktu respons yang diperoleh memiliki nilai lebih cepat daripada peraturan IMO (R. Brown, E. R., 2013).

Tabel 1. Waktu Berjalan dan Waktu Respon Penumpang

Kecepatan Berjalan		Waktu Respon [6], [10]		
Standar IMO [6]	Studi Literatur [9]	IMO Siang	IMO Malam	Studi Literatur
Wanita <30 years : 0,93-1,55 m/s	Wanita <30 years : 0,74-1,70 m/s	Min: 0 s	Min: 400 s	[10]
Wanita 30-50 years : 0,71-1,19 m/s	Wanita 30-50 years : 0,82-1,33 m/s	Max: 300 s	Max: 700 s	Min: 0,6 s
Wanita >50 years : 0,56-0,94 m/s	Wanita >50 years : 0,74-1,14 m/s	Avg: 300 s	Avg: 550 s	Max: 470 s
Pria <30 years : 1,11-1,85 m/s	Pria <30 years : 1,04-1,92 m/s	Dev: 0,94 s	Dev: 0,84 s	Avg: 3,516 s
Pria 30-50 years : 0,97-1,62 m/s	Pria 30-50 years : 0,86-1,50 m/s			Dev: 0,901 s
Pria >50 years : 0,84-1,4 m/s	Pria >50 years : 0,76-1,48 m/s			
Kru Kapal : 1,11-1,85 m/s	Kru Kapal : 0,80-1,92 m/s			

Kapal yang digunakan dalam penelitian ini adalah KMP Jokotole, yang merupakan kapal penyeberangan yang menghubungkan Surabaya dan Madura di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. Kapal ini dapat mengangkut 215 penumpang, tetapi kadang-kadang angkutan penumpang melebihi kapasitas itu. Dalam 1 (satu) hari kapal berlayar 10 (sepuluh) kali dari pukul 05.00 WIB sampai pukul 21.00 WIB.

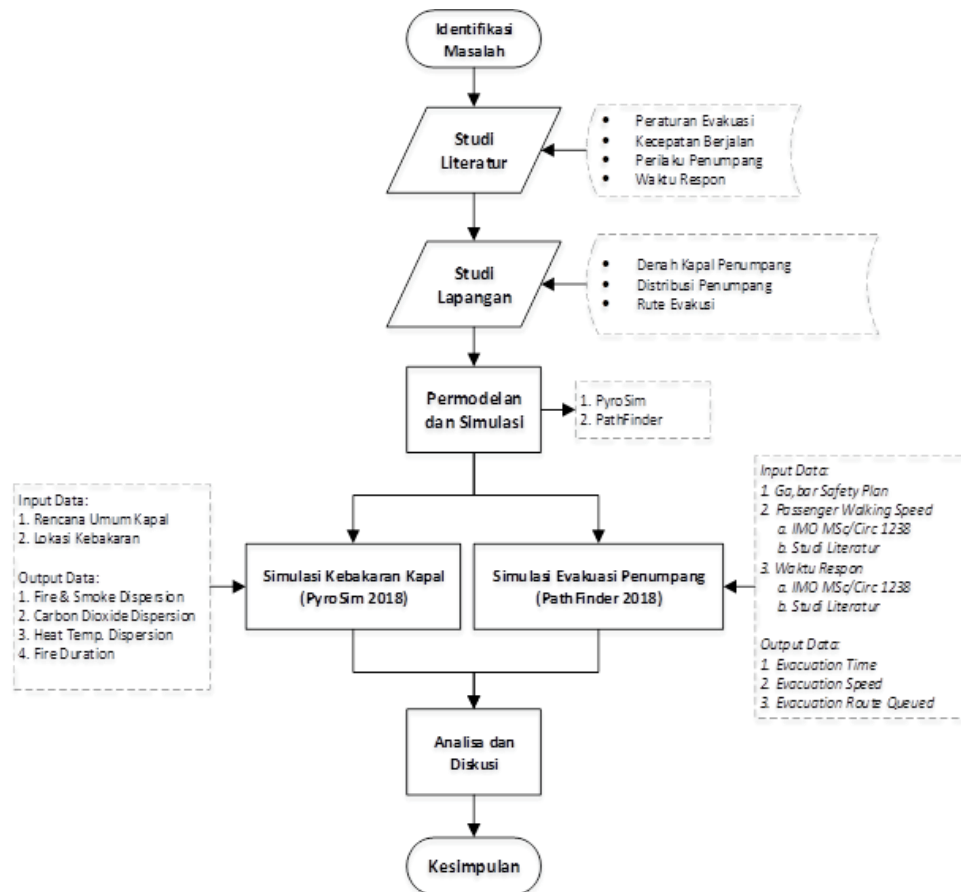


Gambar 2. KMP Jokotole



## ANALISIS DATA

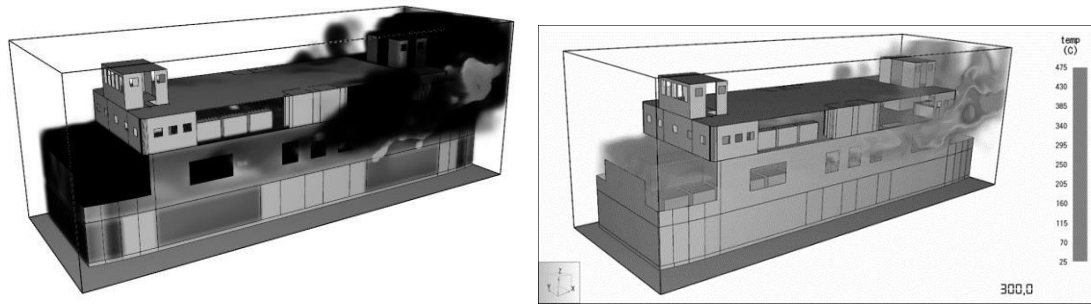
Ada 2 tahap yang harus dilakukan; observasi dan perencanaan & simulasi. Tahap pengamatan memiliki 2 kegiatan; Studi literatur dilakukan untuk mempelajari beberapa literatur yang berkaitan dengan penelitian sebelumnya, peraturan tentang evakuasi dan waktu respons selama evakuasi. Data juga diperoleh melalui studi lapangan untuk menyesuaikan gambar rencana umum apakah itu sama dengan kondisi sebenarnya, meninjau lokasi penumpang dan jumlah penumpang. Setelah semua data diperoleh, lanjutkan dengan tahap perencanaan dan simulasi. Pada tahap ini sebuah skenario akan dirancang dan akan disimulasikan untuk evakuasi meninggalkan kapal.



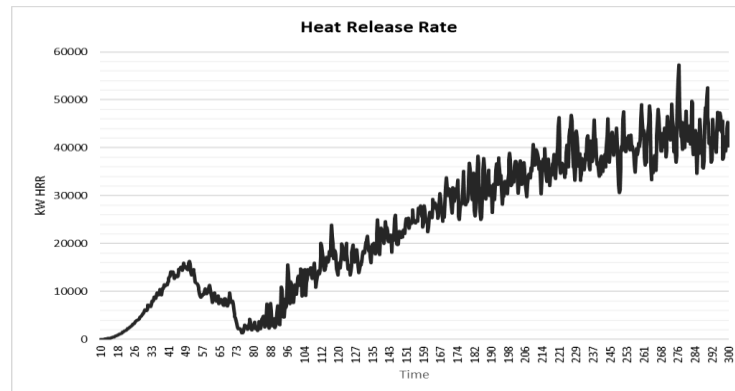
Gambar 3. Ruang Lingkup Penelitian

Simulasi dalam penelitian ini dilakukan dengan 2 perangkat lunak. Perangkat lunak *Pyrosim* untuk mengetahui kecepatan api yang terjadi di ruang mesin dan perangkat lunak *Pathfinder* untuk menentukan waktu evakuasi penumpang. Hasil yang diperoleh dari simulasi kebakaran akan menjadi referensi untuk waktu evakuasi. Sehingga waktu evakuasi diharapkan melalui input data dari peraturan IMO dan beberapa sumber tidak melebihi waktu kebakaran.

Untuk simulasi kebakaran, data yang dimasukkan adalah gambar denah ruangan (rencana umum) kapal, lokasi kebakaran, kecepatan angin, dan waktu penyalaan api. Dari simulasi, waktu nyala api adalah 300 detik (5 menit). data ditambahkan dengan perkiraan 15 menit adalah durasi pemadaman kebakaran oleh kru dan 10 menit untuk persiapan evakuasi (K. R. Hapsari, dkk., 2013). Total waktu evakuasi kebakaran adalah 30 menit.



Gambar 4. Simulasi Kebakaran dan Perpindahan Panas saat Kebakaran



Gambar 5. Grafik Heat Release Rate

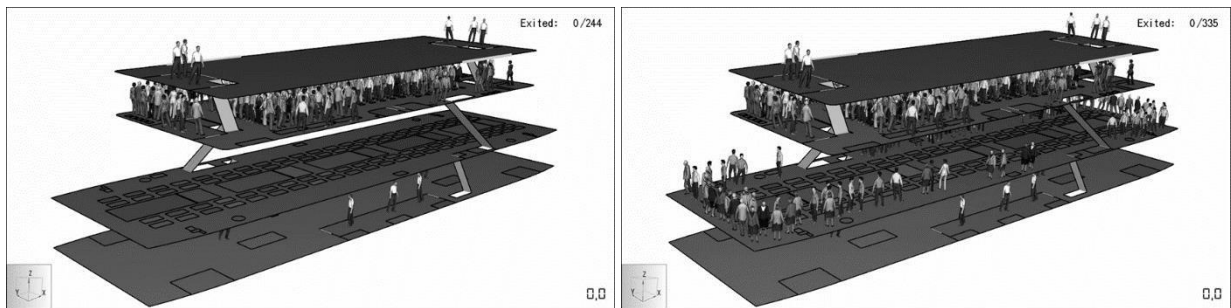
Dalam simulasi evakuasi, data input adalah gambar *safety plan*, kecepatan berjalan dan waktu respon (kru & penumpang). Waktu evakuasi adalah perhitungan dari *awareness* (siang / malam), *embarkation & launching* dan waktu tempuh. *Awareness, embarkation & launching time* adalah data dari IMO [4], [6], waktu tempuh adalah data dari simulasi pathfinder. Waktu tempuh dipengaruhi oleh penempatan *master station* (titik kumpul). Tidak terjangkau lokasi titik kumpul menyebabkan nilai waktu tempuh yang lebih besar, karena dipengaruhi oleh jarak dan kemungkinan terjadinya antrian pada rute evakuasi. Data hasil dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Simulasi Evakuasi Penumpang

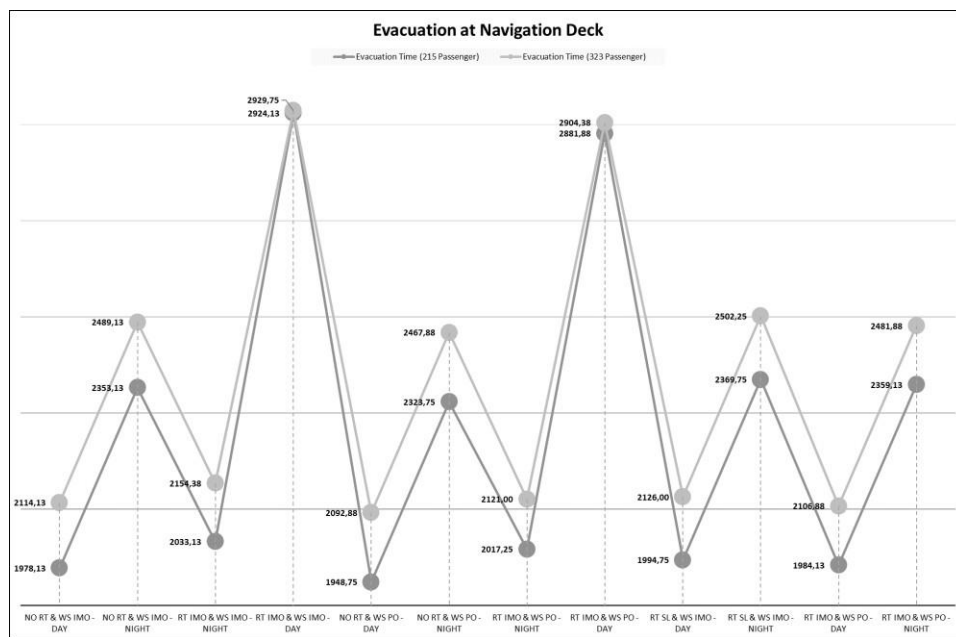
Walking Speed	Response Time (s)	Awareness Time (s)	Embarkation & Launching Time (s)	PASSENGER NUMBER: 215			PASSENGER NUMBER: 323		
				Travel Time (s)	TOTAL EVACUATION TIME (s)	TOTAL (mnt)	Travel Time (s)	TOTAL EVACUATION TIME (s)	TOTAL (mnt)
Standar IMO	Direct	300	1800	322,5	1978,13	32,97	431,3	2114,13	35,24
		600	1800	322,5	2353,13	39,22	431,3	2489,13	41,49
	IMO Day	300	1800	366,5	2033,13	33,89	463,5	2154,38	35,91
Data Observasi	Direct	300	1800	299,0	1948,75	32,48	414,3	2092,88	34,88
		600	1800	299,0	2323,75	38,73	414,3	2467,88	41,13
	IMO Day	300	1800	353,8	2017,25	33,62	436,8	2121,00	35,35
Standar IMO	Studi	300	1800	335,8	1994,75	33,25	440,8	2126,00	35,43
		600	1800	335,8	2369,75	39,50	441,8	2502,25	41,70
	Literatur	300	1800	327,3	1984,13	33,07	425,5	2106,88	35,11
Data Observasi	Literatur	600	1800	327,3	2359,13	39,32	425,5	2481,88	41,36

Dari hasil simulasi evakuasi, rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk evakuasi adalah 32 menit hingga 48 menit untuk

skenario siang hari dan 35 menit hingga 48 menit untuk skenario malam hari. Hasil waktu evakuasi masih lebih tinggi dari hasil waktu simulasi kebakaran.



Gambar 6. Simulasi Evakuasi Penumpang

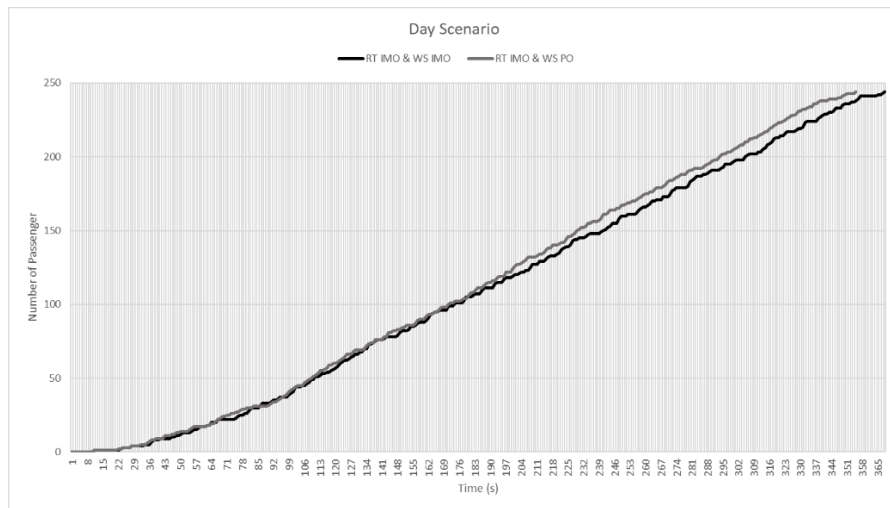


Gambar 7. Hasil Simulasi Evakuasi Penumpang

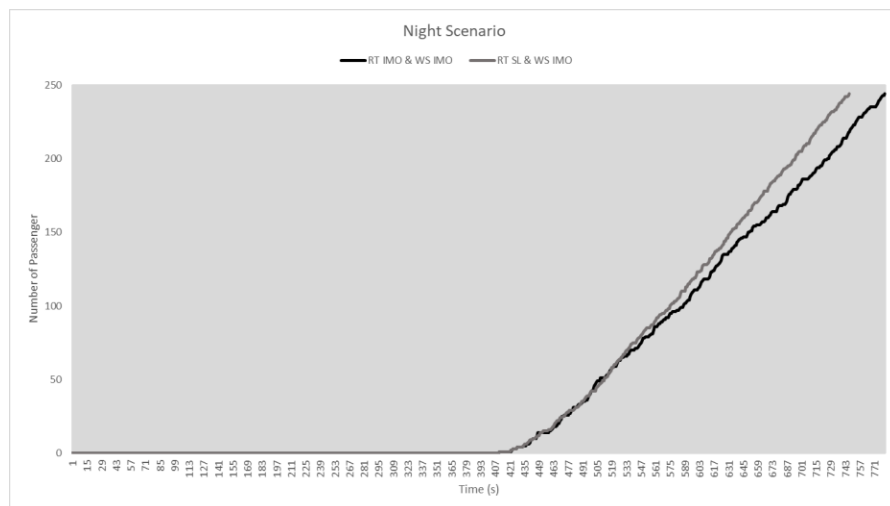
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi dilakukan dengan kapasitas penumpang 300 orang, dimana kapasitas ini melebihi yang disediakan. jadi ada beberapa penumpang berada di dek kendaraan. Lokasi *master station* berada di dek navigasi yang menyebabkan peningkatan waktu perjalanan dalam proses simulasi evakuasi dalam perangkat lunak *Pathfinder*.

Berdasarkan hasil simulasi, menunjukkan perbedaan waktu evakuasi yang terjadi dalam skenario siang dan skenario malam yang ditunjukkan pada Gambar 8 dan 9.



**Gambar 8.** Skenario Evakuasi pada Siang Hari



**Gambar 9.** Skenario Evakuasi pada Malam Hari

## KESIMPULAN

Kesimpulann dari penelitian dapat diringkas sebagai berikut:

1. Hasil simulasi dari waktu evakuasi adalah 32-48 menit untuk skenario siang dan 35-48 menit untuk skenario malam, dimana hasil evakuasi tersebut masih lebih tinggi dari hasil simulasi kebakaran (30 menit).
2. Lokasi dari *master station* (titik kumpul) mempengaruhi dalam evakuasi, dimana semakin sulit dijangkaunya *master station* maka akan menambah durasi waktu evakuasi
3. Skenario waktu evakuasi mempengaruhi mempengaruhi durasi waktu perjalanan, dimana hasil simulasi menunjukkan waktu evakuasi malam hari memiliki nilai yang lebih tinggi.
4. Jumlah penumpang dapat mempengaruhi waktu evakuasi dan antrian ketika evakuasi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan Terimakasih kepada *Thunderhead Engineering* karena memberikan akses penuh untuk menggunakan software *Pyrosim* untuk simulasi kebakaran dan *Pathfinder* untuk simulasi evakuasi penumpang pada penelitian ini.



copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

## DAFTAR PUSTAKA

- A. H. Muhammad, D. Paroka, and Bahrin, "Analisis Lokasi Kritis Jalur Evakuasi Penumpang Kapal Penyebrangan Antar Pulau," *Semin. Teor. dan Apl. Teknol. Kelaut.*, no. 2013, pp. 25–31, 2013.
- C. Fuad and W. D. Aryawan, "Studi Perencanaan Model Evakuasi Sederhana," *J. Tek. POMITS*, 2011.
- C. W. Chu, H. A. Lu, and C. Z. Pan, "Emergency evacuation route for the passenger ship," *J. Mar. Sci. Technol.*, vol. 21, no. 5, pp. 515–521, 2013.
- IMO, "Guidelines for evacuation analysis for new and existing passenger ships," International Maritime Organization, pp. 1–46, 2007.
- IMO, "International Safety Management Code for The Safe Operation of Ship and for Pollution Prevention," International Maritime Organization, vol. 741, no. 18, pp. 1–9, 1993.
- IMO, "Interim Guidelines for Evacuation Analyses for New and Existing Passenger Ships," International Maritime Organization, vol. 4, no. July, 2002.
- Komite Nasional Keselamatan Transportasi, "Data Investigasi Kecelakaan Pelayaran Tahun 2010 - 2016," Indonesia, 2016.
- K. R. Hapsari, S. Wignjosoebroto, and A. Rahman, "Pengembangan Model Evakuasi Keadaan Darurat di Kapal Ferry dengan Mempertimbangkan Perilaku ABK Melalui Simulasi dan Studi Etnografi Penumpang Kapal," *Pros. Semin. Nas. Manaj. Teknol. XVIII*, pp. 1–7, 2013.
- R. A. Klein, *SFPE handbook of fire protection engineering* (1995), vol. 29, no. 1, 1997.
- R. Brown, E. R. Galea, S. Deere, and L. Filippidis, "Passenger response time data-sets for large passenger ferries and cruise ships derived from sea trials," *Trans. R. Inst. Nav. Archit. Part A Int. J. Marit. Eng.*, vol. 155, no. PART A2, pp. 97–103, 2013.
- T. Pitana, K. B. Artana, D. Prasetyawati, and N. Siswantoro, "Observation Study the Walking Speed and Distribution of Ship's Passengers as Basis for Passenger Evacuation Simulation," *Appl. Mech. Mater.*, vol. 862, pp. 232–237, 2017.

