



## ANALISA JALUR EVAKUASI PENUMPANG KAPAL FERRY RORO KM ATHAYA DENGAN METODE PENDEKATAN SIMULASI

Nofwan Saputra<sup>[1]</sup>, Minto Basuki<sup>[1]</sup>

<sup>[1]</sup>Jurusan Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya  
Jalan Arief Rachman Hakim, 100 Surabaya

e-mail: nofwansaputra@gmail.com

### **ABSTRAK**

Penyebab utama tingginya jumlah 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 kapal. 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 ferry. Pada Skripsi ini akan dibahas simulasi evakuasi serta kajian waktu evakuasi penumpang di kapal dengan metode pendekatan simulasi. Untuk proses simulasi menggunakan software Pathfinder 2019. Data yang digunakan untuk pemodelan dan analisa pada penulisan skripsi ini adalah Kapal KM.Athaya yang dioperasikan oleh Jemla Ferry, sehingga setelah dilakukan pemodelan dan analisa diperoleh hasil perhitungan total waktu evakuasi untuk 798 penumpang yaitu 44 menit 10 detik dan ini memenuhi peraturan SOLAS yang mensyaratkan total waktu evakuasi penumpang pada kapal tidak lebih dari 60 menit.

*Kata kunci:* Waktu Evakuasi, Kecelakaan Kapal, Kapal Ferry Ro-Ro

### **PENDAHULUAN**

Selama periode 2015 - 2018 telah terjadi banyak kecelakaan kapal di perairan Indonesia yang diakibatkan oleh kebakaran dan tabrakan (KNKT, 2018). Saat kapal mengalami kondisi darurat seperti ancaman bom, kebakaran, kebocoran, kecelakaan, badai, dan lain-lain yang memungkinkannya menjadi kondisi bahaya, evakuasi penumpang menjadi tindakan pertama yang harus dilakukan untuk mencegah timbulnya banyak korban.

Jalur evakuasi adalah lintasan yang digunakan sebagai pemindahan langsung dan cepat dari orang – orang yang akan menjauh dari ancaman atau kejadian yang dapat membahayakan sekumpulan orang (Abraham, 1994). Sasaran utama dari evakuasi adalah dengan waktu yang sesingkat-singkatnya dapat mengevakuasi sejumlah besar orang dengan aman. Faktor yang dapat mempengaruhi rencana evakuasi yaitu faktor dari dalam kapal (desain kapal) dan faktor dari luar kapal (manusia/penumpang).

Reaksi setiap penumpang saat mendengar alarm tanda bahaya berbeda – beda karena bergantung pada latar belakang pengalaman dan pengetahuan seseorang menghadapi keadaan di bawah tekanan ketika berada dalam sekumpulan orang. Kecepatan evakuasi tergantung pada jalur evakuasi, kondisi kapal serta karakteristik penumpang yang akan dievakuasi (Lee dkk., 2004). Selain itu, jenis kelamin, umur, kemampuan dan juga keterbatasan seseorang mempengaruhi dalam mengambil keputusan dalam

menyelamatkan diri sendiri dari ancaman bahaya. Faktor yang tidak kalah penting adalah desain kapal.

Berdasarkan peraturan SOLAS II-2/28-3 yang menjelaskan bahwa untuk kapal penumpang Ro-Ro yang dibangun saat atau setelah tanggal 1 Juli 1999 rute untuk jalan keluar (escape route) harus dievaluasi dengan analisa evakuasi di awal pendesainan kapal. IMO (*International Maritime Organization*) membuat regulasi SOLAS (*Safety of Life at Sea*) sebagai regulasi keselamatan menjadi petunjuk dan arahan untuk para desainer kapal dalam mendesain kapal yang ideal.

Menurut data investigasi kecelakaan pelayaran tahun 2015-2018 yang dikeluarkan oleh KNKT pada tanggal 20 November 2018 menyebutkan bahwa kecelakaan kapal yang terjadi di Indonesia didominasi kapal tabrakan dan kapal terbakar. Dimana dari setiap kecelakaan kapal memakan korban yang tidak sedikit baik korban hilang-meninggal maupun korban luka-luka. Oleh karena itu perlu dilakukan kajian mengenai waktu evakuasi penumpang dikapal agar semua penumpang dapat keluar dari kapal dengan selamat.

Kajian dilakukan oleh Muhammad Andi (2012) untuk menganalisa jalur evakuasi kapal penyebrangan antar pulau, dimana dari hasil kajiannya jalur evakuasi penumpang pada KMP PM dan KPM J2 memenuhi ketentuan yang disyaratkan SOLAS, sedangkan efektivitas waktu yang digunakan selama proses evakuasi bergantung pada jumlah penumpang dan

jarak tempuh menuju koridor embarkasi, titik kritis jalur evakuasi KMP PM terjadi pada koridor 3 dan koridor embarkasi, sedangkan untuk KMP Jattrra terjadi pada koridor emergensi pada main deck.

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

Eksperimen lain yang dilakukan oleh Murayama *et al* (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 (+200 ~ -200). Dari hasil eksperimen didapatkan kecepatan orang pada kondisi kapal statik 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 *et al* (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.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

*International Maritime Organisation (IMO)* telah menetapkan peraturan keselamatan yang berhubungan dengan evakuasi untuk kapal penumpang, lebih spesifik lagi kapal ferry ro-ro, yang menjadi standar internasional disebut *SOLAS*. Berikut adalah pasal regulasi yang berhubungan dengan safe evacuation pada kapal ferry ro-ro.

### **SOLAS II-2/28-3**

Berdasarkan peraturan *SOLAS II-2/28-3 (SOLAS Consolidate Edition, 1997)* yang menjelaskan bahwa untuk kapal penumpang Ro-Ro yang dibangun saat atau setelah 1 Juli 1999, rute untuk jalan keluar (*escape route*) harus dievaluasi dengan analisa evakuasi di awal pendesainan kapal. Peraturan ini berlaku untuk semua ukuran kapal penumpang dan kapal penumpang kecepatan tinggi dengan *Gross Tonnage* ≥ 500 T.

### **SOLAS Chapter III/20-14**

SOLAS chapter III/20-14 menyatakan bahwa waktu maksimum yang diizinkan untuk berkumpul di anjungan dan menurunkan sekoci (*survival boat*) adalah 30 menit dari waktu "saatnya meninggalkan kapal" diberikan.

## **Konferensi SOLAS 1995**

Konferensi *SOLAS* 1995 menghasilkan keputusan bahwa seluruh prosedur evakuasi kapal penumpang Ro-Ro harus dilengkapi dalam 60 menit.

### **SOLAS Chapter III/26 section II**

*SOLAS chapter III/26 section II* menjelaskan aturan tambahan mengenai rencana dan peralatan keselamatan untuk kapal penumpang ro-ro. Diantaranya adalah *liferaft*/rakit penyelamat salah satunya merupakan jenis rakit harus dapat berdiri sendiri secara otomatis atau jenis kanopi yang dapat dibalik dan stabil di laut sehingga mampu beroperasi dengan aman kemanapun arah mengapungnya. Sebagai alternatif kapal harus membawa salah satunya dimana kapasitasnya dapat mengakomodasi setidaknya 50% dari penumpang yang tidak terakomodasi pada *lifeboat* dan *lifejacket*/baju pelampung harus disimpan disekitar muster station dengan jumlah yang cukup sehingga penumpang tidak harus kembali ke kabin untuk mengambil baju pelampung.

### **SOLAS Chapter III/27**

Semua yang ada di dalam kapal termasuk seluruh penumpang harus didata jumlahnya terlebih dahulu sebelum keberangkatan, bagi penumpang yang membutuhkan perawatan khusus atau seorang pendamping dalam keadaan darurat harus dicatat dan dikomunikasikan ke nahkoda kapal sebelum keberangkatan, dan nama dan jenis kelamin dari seluruh penumpang di dalam kapal harus dicatat, membedakan antara dewasa, anak dan bayi, yang bertujuan untuk proses pencarian dan penyelamatan.

### **SOLAS Chapter III/29**

Sistem manajemen *emergency* harus terdiri dari sebuah atau beberapa rencana *emergency*. Keadaan darurat yang mungkin terjadi harus dapat diidentifikasi oleh rencana *emergency* termasuk keadaan darurat berikut ini: kebakaran, kerusakan pada kapal, polusi, tindakan tidak layak yang mengancam keselamatan kapal dan keamanan penumpang serta kru kapal, kecelakaan kru kapal, kecelakaan pada muatan, bantuan *emergency* ke kapal lain.

## **Peraturan Pemerintah Nomor 31 Tahun 2021**

Peraturan Pemerintah Nomor 31 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan bidang pelayaran pasal 1 yaitu Keselamatan Kapal adalah keadaan kapal yang memenuhi persyaratan material, konstruksi, bangunan, permesinan dan perlistrikan, stabilitas, tata susunan serta perlengkapan termasuk perlengkapan

alat penolong dan radio, elektronik kapal, yang dibuktikan dengan sertifikat setelah dilakukan pemeriksaan dan pengujian.

### UU No.17 Tahun 2008

UU No.17 Tahun 2008 bab VIII tentang keselamatan dan keamanan pelayaran.

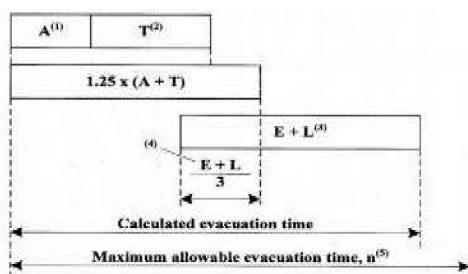
### METODOLOGI PENELITIAN

#### Aturan IMO

Pada sesi ke 83 komite *IMO* (03-12 Oktober 2007), menyetujui pedoman pada evakuasi analisis untuk kapal penumpang baru dan yang sudah ada, termasuk kapal penumpang ro-ro, sebagaimana ditetapkan dalam MSC.1/Circ.1238 tanggal 30 Oktober 2007. Dalam pedoman ini menawarkan kriteria untuk analisa evakuasi lanjutan (*Advanced Evacuation Analysis*). *Advance Evacuation Analysis* merupakan perhitungan dengan metode simulasi menggunakan *software path finder*. Gambar dan foto asli dapat dimasukkan dalam kertas Anda sebagai gambar. Diagram mungkin berwarna.

Path Finder merupakan salah satu fitur yang tersemat dalam adobe illustrator yang berfungsi untuk memodifikasi objek yang dapat menyatukan dan membelah objek serta mampu mensimulasikan objek secara 3D. *Pathfinder* menyediakan dukungan untuk impor format *Autodesk DXF* dan *DWG* untuk menentukan ruang pejalan kaki penghuni untuk model evakuasi. *Pathfinder* menggunakan jaring triangulasi 3D untuk mewakili geometri model. Hasilnya *path finder* dapat merepresentasikan detail dan kurva geometris secara akurat. *Path finder* mencakup model manusia yang mewakili berbagai budaya, usia, pakaian, dan petugas tanggap darurat. Dikombinasikan dengan kemampuan untuk mengimpor model manusia. *Path finder* dapat menganimasikan ribuan orang dengan lancar dalam waktu nyata menggunakan grafis standar.

Dengan mengacu pada aturan *IMO* didapatkan total waktu maksimum evakuasi penumpang kapal yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1: Waktu Evakuasi Maksimum (IMO, 2007)

Dari skema pada gambar 1 dapat disederhanakan menjadi persamaan sebagai berikut:

$$TWE = 1.25 A + T + 2/3 (E + L) \leq 60 \text{ menit}$$

Dimana:

TWE = Total Waktu Evakuasi

A = *Awerness time* / waktu tanggap, nilai 5 untuk kondisi siang hari dan 10 untuk kondisi malam

T = *Travel time* / waktu perjalanan

E = *Embarcation time* / waktu embarkasi

L = *Launching time* / waktu berangkat

### Referensi Data

Data didapat dari berbagai referensi, yaitu buku-buku, arsip, artikel, jurnal, dan internet. Kapal KM Athaya adalah salah satu kapal milik PT Jemla Ferry Indonesia yang kini melayani pelayaran antara pulau Jawa dan Sumatera, yakni dari Pelabuhan Bakauheni Lampung menuju Pelabuhan Merak Banten ataupun sebaliknya.

Nama Kapal : KM.ATHAYA

IMO : 9114567

LOA : 136 M

B : 21 M

T : 5,7 M

Tipe Kapal : Kapal Penumpang

Tahun Dibuat : 1995

### Kondisi Jalur Evakuasi

Dalam paper ini dilakukan simulasi pada *deck* yang terdapat Penumpang dan *Crew* yaitu pada *Passanger Deck B*, *Passanger Deck A*, dan *Navigation Bridge Deck*. Pembagian *deck* ditampilkan pada gambar 2.



Gambar 2: Deck Penumpang KM.Athaya

**Kondisi Penumpang**

Dalam metode perhitungan *Advance Evacuation* Analisis penumpang kapal dikelompokkan menjadi beberapa kelompok sesuai kriteria *IMO* pada tabel 1.

Tabel 1: Pengelompokan Penumpang Sesuai Ketentuan (*IMO*, 2007)

Population groups - passengers	Percentage of passengers (%)
Females younger than 30 years	7
Females 30-50 years old	7
Females older than 50 years	16
Females older than 50, mobility impaired (1)	10
Females older than 50, mobility impaired (2)	10
Males younger than 30 years	7
Males 30-50 years old	7
Males older than 50 years	16
Males older than 50, mobility impaired (1)	10
Males older than 50, mobility impaired (2)	10
Population groups - crew	Percentage of crew (%)
Crew females	50
Crew males	50

Dari tabel 1 diatas maka jumlah penumpang pada KM.Athaya dapat dirincikan sebagaimana pada tabel 2.

Tabel 2: Rincian Pengelompokan Penumpang KM.Athaya

Population Groups Passanger	Total
Female younger than 30 years old	153
Females 30 – 50 years old	367
Females older than 50 years	240
Males younger than 30 years old	155
Males 30 – 50 years old	371
Males older than 50 years	252
Crew females	15
Crew males	15

**Skenario Kecelakaan**

Pada Paper ini skenario kecelakaan yang terjadi adalah kebakaran pada ruang mesin, sehingga semua orang dievakuasi menuju *navigation bridge deck*, sekoci dan alat keselamatan lain berada di *bridge deck*. Kapal diposisikan pada keadaan *even keel* dan tidak mengalami posisi miring.

**Pemodelan Path Finder**

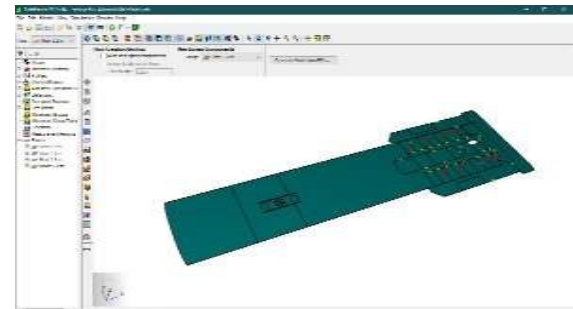
Pemodelan lantai ke *path finder* bertujuan untuk menentukan area tempat penumpang yang akan dievakuasi. Pada bagian ini warna untuk penumpang dan kru kapal dibedakan menjadi dua, warna biru untuk menandakan penumpang dan warna merah untuk menandakan kru kapal.



Gambar 3: Denah Passanger Deck B dengan Penumpang dan Kru



Gambar 4: Denah Passanger Deck A Dengan Penumpang Dan Kru



Gambar 5: Denah Navigation Bridge Deck dengan Penumpang dan Kru

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Skenario Evakuasi**

Untuk skenario ini kami memberikan skenario malam hari dimana setiap penumpang berada di dalam ruangan. Dimana dari data kapal terdapat total 768 orang penumpang dan 30 orang kru kapal. Pada skenario evakuasi akan ditentukan lokasi penumpang yang akan berjalan dari *passanger deck B* menuju *passanger deck A* dan dari *passanger deck A* menuju *bridge navigation deck* dimana pada setiap dek melewati pintu dan tangga.

*Passanger deck B* terhubung dengan *passanger deck* dimana terdapat 5 tangga pada *deck* ini yaitu tangga A, tangga B, tangga C, tangga D, dan tangga F dimana tangga A dan tangga B masing masing

dihubungkan dengan koridor 1 dan koridor 2. Setiap tangga menghubungkan perpindahan dari *passanger deck B* ke *passanger deck A*. Pada *deck passanger deck B* ini terdapat 535 orang penumpang dan 7 orang kru kapal, dimana rute evakuasi diuraikan dalam tabel 3.

dimana tangga A dan tangga B masing masing dihubungkan dengan koridor 1 dan koridor 2. Setiap tangga menghubungkan perpindahan dari *passanger deck B* ke *passanger deck A*. Pada *deck passanger deck B* ini terdapat 535 orang penumpang dan 7 orang kru kapal, dimana rute evakuasi diuraikan dalam tabel 3.

Tabel 3: Uraian Rute Evakuasi pada Passanger Deck B

Passanger Deck B				
Item	WC (Clear Width)	Length	Area	Notes
Passanger Deck B – Koridor 1	1,80	24,40	43,92	Ke Tangga A
Passanger Deck B – Tangga A	1,60	3,60	5,76	Ke Passanger Deck A
Passanger Deck B – Koridor 2	1,80	24,40	43,92	Ke Tangga B
Passanger Deck B – Tangga B	1,60	3,60	5,76	Ke Passanger Deck A
Passanger Deck B – Area 1	8,70	19,00	165,30	Ke Pintu 1
Passanger Deck B – Pintu 1	0,80	#NA	#NA	Ke Tangga C
Passanger Deck B – Tangga C	1,60	3,60	5,76	Ke Passanger Deck A
Passanger Deck B – Area 2	8,70	19,00	165,30	Ke Pintu 2
Passanger Deck B – Pintu 2	0,80	#NA	#NA	Ke Tangga D
Passanger Deck B – Tangga D	1,60	3,60	5,76	Ke Passanger Deck A

Passanger Deck B – Area 3	7,70	16,00	123,20	Ke Pintu 3
Passanger Deck B – Pintu 3	0,80	#NA	#NA	Ke Tangga E
Passanger Deck B – Tangga E	1,60	4,00	6,40	Ke Passanger Deck A
Passanger Deck B – Area 4	12,00	16,00	192,00	Ke Pintu 4
Passanger Deck B – Pintu 4	0,80	#NA	#NA	Ke Tangga F
Passanger Deck B – Tangga F	1,00	3,60	3,60	Ke Passanger Deck A

Passanger deck A terdapat 3 tangga yaitu tangga G, tangga H, dan I yang masing-masing menghubungkan *passanger deck A* dengan *bridge navigation deck*. Tangga G terhubung dengan koridor 3 dan tangga H terhubung dengan koridor 5. Pada *deck passanger deck A* ini terdapat total 233 orang penumpang dan 15 orang kru kapal, dimana rute evakuasi diuraikan dalam tabel 4

Tabel 4: Uraian Rute Evakuasi pada Passanger Deck A

Passanger Deck A				
Item	WC (Clear Width)	Length	Area	Notes
Passanger Deck A – Koridor 3	1,50	52,00	78,00	Ke Tangga G
Passanger Deck A – Tangga G	0,85	3,20	2,72	Ke Bridge Navigation Deck
Passanger Deck A – Koridor 4	1,50	52,00	78,00	Ke Tangga H
Passanger Deck A – Tangga H	0,85	3,20	2,72	Ke Bridge Navigation Deck
Passanger Deck A – Area 5	14,40	15,00	216,00	Ke Pintu 5



Passanger Deck A				
Item	WC (Clear Width)	Length	Area	Notes
Passsanger Deck A – Pintu 5	1,60	#NA	#NA	Ke Tangga G
Passsanger Deck A – Tangga G	0,85	3,20	2,72	Ke Bridge Navigation Deck
Passsanger Deck A – Area 5	14,40	15,00	216,00	Ke Pintu 6
Passsanger Deck A – Pintu 6	1,60	#NA	#NA	Ke Tangga H
Passsanger Deck A – Tangga H	0,85	3,20	2,72	Ke Bridge Navigation Deck
Passsanger Deck A – Area 6	11,50	15,00	172,50	Ke Pintu 7
Passsanger Deck A – Pintu 7	0,80	#NA	#NA	Ke Tangga I
Passsanger Deck A – Tangga I	1,00	3,50	3,50	Ke Bridge Navigation Deck

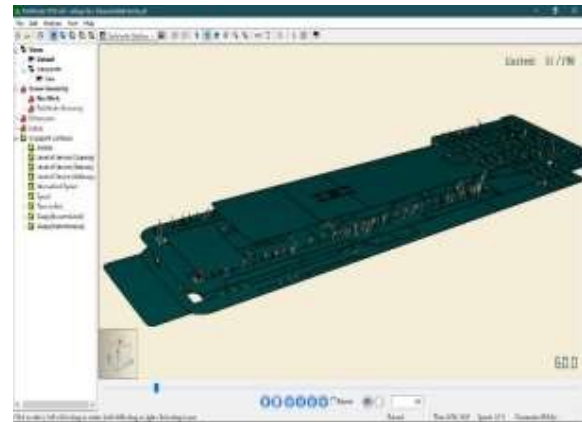
Bridge navigation deck adalah tempat dimana sekoci diletakkan dan tempat terahir penumpang dan kru kapal untuk menyelamatkan diri meninggalkan kapal. Penumpang yang sudah naik ke bridge navigation deck melalui tangg G, tangga H, dan tangga I akan langsung menuju assembly area untuk antri dan meninggalkan kapal.

Tabel 5: Uraian Rute Evakuasi pada Bridge Navigation Deck

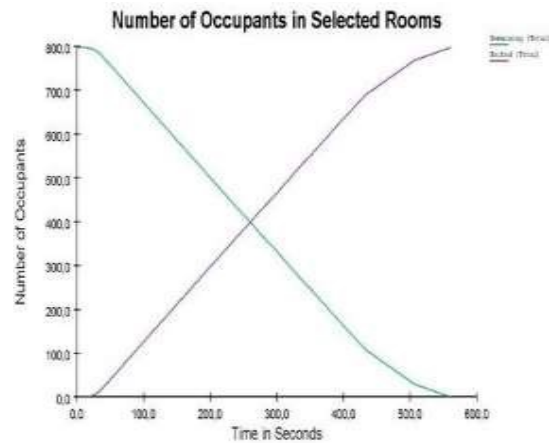
Bridge Navigation Deck				
Item	WC (Clear Width)	Length	Area	Notes
Bridge Navigation Deck – Area 7	3,8	20	76,00	Ke Pintu 8
Bridge Navigation Deck – Pintu 8	0,8	#NA	#NA	Ke Bridge Navigation Deck

### Perhitungan Waktu Evakuasi

Pada tahap ini simulasi dilakukan dengan menekan tombol *running* pada model yang sudah dibuat di *path finder*, sehingga akan diperoleh hasil berupa tampilan 3D dan grafik yang akan digunakan sebagai bahan analisa. Untuk skenario malam ada sekitar 768 penumpang dan ada 30 kru kapal yang tersebar di passanger deck B, passanger deck A, dan *bridge navigation deck*.



Gambar 6: Menjalankan Simulasi Path Finder



Gambar 7: Grafik Hasil Simulasi Perpindahan Penumpang

Dari grafik hasil simulasi jumlah penumpang pada deck terlihat bahwa waktu yang dibutuhkan penumpang untuk keluar semua adalah 560 detik (9 menit 20 detik). Sehingga didapatkan nilai T adalah = 9' 20".

Dengan menggunakan persamaan dari IMO yaitu TWE = 1.25 (A+T) + 2/3 (E+L) ≤ 60 menit, maka  
 = 1,25 (10' + 9' 20") + 2/3 (30)  
 = 1,25 (19' 20") + 20'  
 = 1,25 (1160") + 1200"  
 = 1450" + 1200"  
 = 2650"

= 44' 10" (44 Menit 10 Detik)

Didapat total waktu evakuasi yaitu 44 menit 10 detik, dimana nilai ini memenuhi peraturan *SOLAS* yang mensyaratkan **TWE < 60 menit**.

### **KESIMPULAN**

Jalur evakuasi yang ada pada Kapal KM Athaya memenuhi ketentuan yang disyaratkan *SOLAS* dalam upaya penyelamatan penumpang terhadap bahaya kebakaran. Efektifitas waktu yang digunakan selama proses evakuasi bergantung pada jumlah penumpang dan jarak tempuh menuju koridor embarkasi. Dengan simulasi menggunakan Pathfinder didapatkan waktu untuk evakuasi nilai T sebesar 560 detik (9 menit 20 detik). Sehingga total waktu evakuasi penumpang pada kapal KM Athaya setelah dilakukan perhitungan sebesar 44 menit 10 detik. Total waktu evakuasi penumpang ini masih dibawah standart dari *SOLAS* ( $\leq 60$  menit), sehingga kapal layak untuk berlayar mengangkut penumpang.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Abrahams, J. 1994, *Fire Escape in Difficult Circumstances Design Against Fire*. United State Of America.
- IMO. 2007, *Interim Guidelines for Evacuation Analysis for New and Existing Passenger Ships MSC.1/Circ.1238*, London.
- Katuhara, M., et al. 1998, *Simulation Of Human Escape On Board—II*. Journal of Japan Institute of Navigation 98, 141–150.
- Khoiri, F.F. 2015, *Analisa Implementasi SOLAS pada Perencanaan Sistem Keselamatan Kapal SPOB. Petro Ocean XVI Produksi PT. Bahana Shipyard*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Perkapalan, FTK, ITATS, Surabaya
- KNKT. 2018, *Data Investigasi Kecelakaan Pelayaran Tahun 2015-2018*. 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. pp. 931 -941.
- Muhammad, A. Paroka, D. dan Sutomo, R. 2012. *Studi Jalur Evakuasi Pada Kapal Penyebrangan Antar Pulau*. Seminar Nasional Teori dan Aplikasi Teknologi Kelautan, ITS Surabaya.
- Murayama, M. Itagaki, T. and Yoshida, K. 2004, *Study On Evaluation Of Escape Route By*

*Evacuation Simulation*. Journal of the Society of Naval Architects of Japan, 188 441–448.

Pathfinder Thunderhead Engineering. 2019, *Pathfinder Verification and Validation*, Manhattan, USA.

Priohutomo, K. dan Yuwana, B. R. 2017. *Analisa Waktu Evakuasi Dengan Metode Advance Pada Kapal Perintis 1200 GT*. Kapal, 14(2), 47.