

ANALISIS LOKASI KRITIS JALUR EVAKUASI PENUMPANG KAPAL PENYEBERANGAN ANTAR PULAU

Andi Haris MUHAMMAD^{*1}, Daeng PAROKA¹, Bahrun¹

¹Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

*E-mail: d_paroka@yahoo.com

Abstract

Salah satu faktor penting untuk menghindari terjadinya banyak korban jiwa pada suatu kecelakaan kapal penyeberangan adalah penting untuk dianalisis jalur-jalur evakuasi yang digunakan. Kegagalan evakuasi umumnya dikarenakan banyaknya penumpang yang terperangkap didalam ruang-ruang kapal. Untuk menghindari terjadinya kegagalan evakuasi tersebut, sejumlah lokasi yang dianggap berpotensi untuk menghambat jalannya proses evakuasi penting untuk diidentifikasi. Paper ini membahas tentang lokasi kritis yang berpotensi untuk mengakibatkan terjadinya kegagalan evakuasi pada kapal penyeberangan antar pulau. Metode yang digunakan untuk mengidentifikasi lokasi kritis atau lokasi dimana terjadinya penumpukan penumpang selama proses evakuasi dengan Metode Pergerakan Simultan (MPS). Hasil simulasi menunjukkan bahwa total waktu evakuasi yang diperlukan penumpang kelas ekonomi KMP Jatra II mulai meninggalkan ruang penumpang hingga seluruh penumpang berada pada pintu darurat geladak kendaraan adalah 870 detik, waktu tersebut lebih kecil sebagaimana disyaratkan IMO (<60 menit). Potensi kepadatan atau jalur kritis yang terjadi berdasarkan analisis adalah dimulai pada pintu 1 dimana jalur tersebut dilalui oleh semua penumpang kelas ekonomi sebelum memasuki koridor 1 dan 2. Jumlah maksimal penumpang yang terakumulasi pada lokasi tersebut berkisar 72 orang pada detik ke 300. Selanjutnya penumpukan penumpang terjadi pada daerah pertemuan penumpang dari koridor 3 dan 4 menuju lokasi ruang emergency. Pada lokasi tersebut terjadi penumpukan penumpang hingga mencapai 76 orang pada detik ke 490. Hasil analisis ini dapat dijadikan dasar untuk menentukan jalur evakuasi alternative atau perubahan jalur evakuasi jika kondisi tersebut dialami pada saat kapal beroperasi. Dari penelitian ini disimpulkan bahwa potensi lokasi atau titik kritis pada setiap jalur evakuasi terjadi pada pertemuan antara dua atau lebih jalur evakuasi khususnya pada lokasi titik transisi seperti dekat pintu dan tangga atau penyempitan jalur khususnya jalur evakuasi dari ruang penumpang dengan kapasitas penumpang yang besar.

Kata kunci : evakuasi, lokasi kritis, penumpang dan kapal penyeberangan.

1. PENDAHULUAN

Untuk mengurangi banyaknya korban jiwa pada saat terjadi kebakaran kapal laut khususnya kapal penyeberangan antar pulau tipe Ferry Ro-Ro, desain ruang, jalur evakuasi antar ruang sebagai akses penyelamatan penumpang hingga muster station adalah penting untuk dianalisis, hal tersebut nantinya sangat membantu selama proses evakuasi penumpang dan anak buah kapal (ABK) dengan melihat jumlah penumpang serta letak titik terjadinya kebakaran. Berdasarkan sumber api terjadinya kebakaran, Hakkarainen et al (2009) sesuai dengan data yang dikumpulkannya dari tahun 1998 – 2007 tercatat dari 80 terjadinya kebakaran kapal penumpang (termasuk ferry ro-ro) diindikasikan bahwa sumber api berasal dari ruang mesin sebesar 73% selanjutnya gargo space dan accommodation area masing-masing sebesar 16% dan 11 %. Vanen and Skjong [5] menjelaskan bahwa peluang penyelamatan kapal ferry Ro-Ro memerlukan waktu lebih banyak dibanding kapal penumpang lainnya se-misal cruise lines.

Organisasi Maritim Internasional (IMO) (2002) telah mengatur metode sederhana analisis evakuasi penumpang dan ABK kapal penyeberangan tipe *roll on roll off* (ro-ro). Untuk mengakuratkan regulasi IMO tersebut sejumlah asumsi telah dikembangkan oleh banyak peneliti diantaranya: i) kecepatan berjalan sangat bergantung pada kepadatan kerumunan orang, tipe dan model jalur serta arah gerakan kerumunan, ii) arah pergerakan berlawanan umumnya diperhitungkan berdasarkan *counter flow factor*, iii) pergerakan orang diasumsikan tanpa rintangan, iv) Pengaruh pergerakan kapal, umur penumpang, serta keterbatasan ruang gerak akibat asap kesemuanya diperhitungkan melalui *safety factor*.

Lee et al (2003) dalam papernya telah menulis kembali sejumlah penelitian pengaruh pergerakan orang (kecepatan berjalan), kepadatan penumpang serta kemiringan koridor (*trim* dan *heeling*) terhadap proses evakuasi penumpang. Sehubungan dengan hal tersebut, Lee et al (2004) dalam penelitian lainnya menjelaskan bahwa kecepatan berjalan secara berkelompok akan mengurangi kecepatan berjalan sebesar 20% dibanding berjalan secara sendiri dengan jarak antara kelompok sejauh 3m, selanjutnya kecepatan berjalan kelompok didepan akan lebih cepat

dibanding kelompok yang berada dibelakangnya. Namun untuk kecepatan berjalan perorangan dengan arah berlawanan dapat lebih lambat dibanding secara berkelompok.

Muhammad et al (2012) mengidentifikasi bahwa penentuan waktu evakuasi berdasarkan kriteria IMO khususnya dalam menghitung pergerakan penumpang selama evakuasi bersifat parsial dimana semua penumpang yang dievakuasi selalu diasumsikan berkumpul pada titik tertentu sebelum bergerak bersamaan menuju titik berikutnya, dengan demikian hal tersebut dapat dikatakan bahwa penentuan waktu evakuasi penumpang sangat dipengaruhi oleh perubahan kepadatan orang terhadap kecepatan pergerakan di suatu titik ditambahkan dengan total waktu pergerakan sepanjang jalur evakuasi. Namun pada kenyataannya, pergerakan penumpang selama proses evakuasi berlangsung dapat dikatakan bergerak secara simultan, sebagai contoh pada suatu kasus evakuasi bahwa untuk penumpang pertama yang meninggalkan titik tertentu akan lebih awal tiba di titik berikutnya sementara masih ada penumpang yang belum beranjak pada titik sebelumnya. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa perubahan kecepatan pergerakan adalah sebagai fungsi dari kepadatan orang pada setiap jalur evakuasi adalah tidak konstan karena pada dasarnya bahwa kepadatan tiap titik pada jalur evakuasi sangat tergantung pada geometri dari titik transisi sebelum dan sesudah lokasi tersebut.

Berdasarkan pembahasan diatas, Paper ini membahas tentang lokasi kritis yang berpotensi untuk mengakibatkan terjadinya kegagalan evakuasi pada kapal penyeberangan antar pulau. Metode yang digunakan untuk mengidentifikasi lokasi kritis atau lokasi dimana terjadinya penumpukan penumpang selama proses evakuasi adalah dengan Metode Pergerakan Simultan (MPS)

2. METODOLOGI PENELITIAN

Sejumlah ketentuan dan asumsi yang telah digunakan dalam menganalisis lokasi kritis dan lokasi penumpang selama proses evakuasi penumpang antara lain: i) Kriteria evakuasi dan asumsi aliran spesifik dan kecepatan orang yang dipergunakan adalah sebagaimana ketentuan IMO 2002, ii) Jalur evakuasi yang digunakan dalam proses simulasi menggunakan KMP Jatra II

2.1 Kriteria IMO

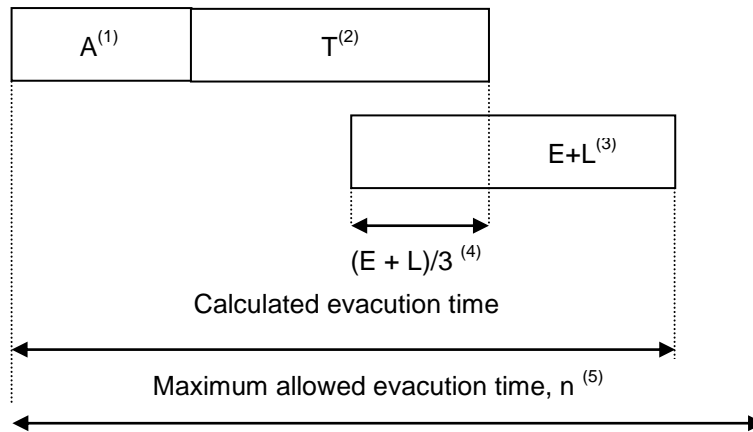
Sejak Tahun 1970, IMO telah mengembangkan aturan dalam proses evakuasi penumpang kapal laut sebagaimana tertera pada ketentuan SOLAS kaitanya dengan keselamatan kapal dan jumlah pelampung penolong serta karakteristiknya. Hingga akhir abad yang lalu aturan utama tentang evakuasi keselamatan penumpang tersebut telah mengalami perubahan sebanyak 757 aturan. Tahun 1999 IMO mengeluarkan MSC Circ. 909 yang berisikan pedoman Interim analisis evakuasi sederhana khususnya untuk kapal penumpang ro-ro (IMO, 1999), ketentuan tersebut adalah upaya awal untuk menganalisa secara keseluruhan tentang pergerakan penumpang di atas kapal selama proses evakuasi. Akhirnya pada tahun 2002 IMO menerbitkan MSC Circ. 1033 dengan judul pedoman Interim analisis evakuasi untuk kapal baru dan yang sudah ada (IMO, 2002), aturan tersebut berisikan dua metode analisis penyelamatan penumpang: i) analisis sederhana sebagaimana yang digambarkan pada MSC Circ 909 dan ii) analisis lanjut sesuai dengan perkembangan kondisi selama evakuasi. Kriteria standar analisis sederhana total waktu maksimum evakuasi penumpang kapal ferry ro-ro yang dikembangkan oleh (IMO, 2002) sebagaimana tertera pada Gambar 1.

Dari skema pada gambar 1 dapat disederhanakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Total Waktu Evakuasi} &= (A + T) + 2/3 (E + L) \leq 60 \text{ menit} \\ E + L &\leq 30 \text{ menit} \end{aligned}$$

Dimana :

- Awareness time / waktu tanggap (A)
- Travel time / waktu perjalanan (T)
- Embarkasi time / waktu embarkasi (E) dan Launching Time (L)



Gambar 1: Waktu evakuasi maksimum sesuai kriteria IMO (2002)

2.2 Aliran Sfesifik dan Kecepatan Orang

Harga aliran sfesifik dan kecepatan orang yang dipergunakan dalam program simualsi evakuasi penumpang menggunakan sejumlah koefisien sebagaimana yang disyaratkan oleh IMO (2002) lihat Tabel 1. dan 2.

Tabel 1 :Harga aliran sfesifik dan kecepatan orang sebagai fungsi kepadatan (IMO, 2002)

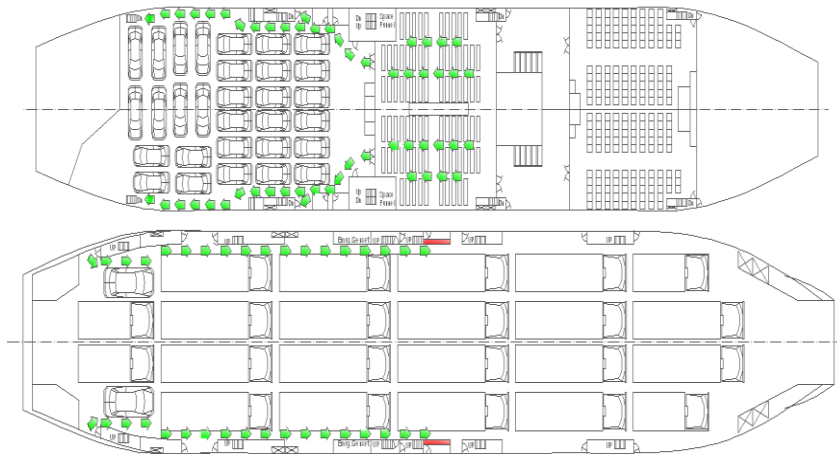
Jenis fasilitas	Kepadatan (D) (p/m ²)	Aliran Sfesifik FS (p/ms)	Kecepatan orang S (m/s)
Corridors	0	0	1,2
	0,5	0,65	1,2
	1,9	1,3	0,67
	3,2	0,65	0,2
	≥3,5	0,32	0,1

Tabel 2 :Harga aliran sfesifik dan kecepatan orang (IMO, 2002)

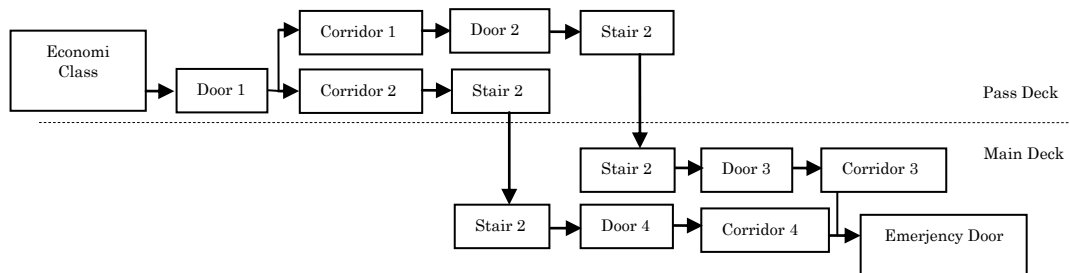
Jenis fasilitas	Aliran Sfesifik FS (p/ms)	Kecepatan orang S (m/s)
Stairs (down)	0	1,0
	0,54	1,0
	0,11	0,55
Stairs (up)	0	0,8
	0,43	0,8
	0,88	0,44
Corridors	0	1,2
	0,65	1,2
	0,13	0,67

2.3 Jalur Evakuasi

Jalur evakuasi yang dipergunakandalam penelitian ini adalah KMP Jatra II dengan ukuran utama: L (88 m), B (15,6 m) H(5 m), GRT (3932 Ton) dan kecepatan Knot 16 beroperasi pada trayek Merak-Bakauheni tersebut berkapsitas 751 Penumpang dan 50 kendaraan. Ruang penumpang terletak terdiri dari ruang ekonomi dan bisnis masing-masing 288 orang yang terletak pada geladak ruang penumpang ekonomi dan ruang eksekutif (175 orang) terletak pada geladak penumpangeksekutif satu lantai berada diatas geladak penumpang ekonomi. Dalam proses evakuasi penumpang kapal KMP Jatra II dilayani 3 empat Koridor embarkasi yang berada pada geladak penumpang eksekutif.Namun yang dianalisis dalam penelitian adalah ruang penumpang kelas ekonomi dikarena ruang tersebut berdasarkan analisa awal (Muhammad et al (2012) merupakan ruang yang memerlukan waktu evakuasi yang lama selain itu pula lebar jalur yang dilalui tidak konstan.Untuk jelasnya pembagian ruang KMP Jatra II dab Model Hidrolik Jalur Evakuasi kapal tersebut dapat dilihat masing pada Gambar 2 dan 3 serta Table 3



Gambar 2: Pembagian ruangan KMP Jatra 2



Gambar 3: Model Hidrolik Jalur Evakuasi KMP Jatra 2

Tabel 3 : Jumlah Punumpang dan Panjang Jalur Evakuasi KMP Jatra 2

Item	No Pass.	Wc (m)	Length (m)	Area (m ²)	Notes
Pass Deck-Economy Class	144	0,4875	12.09	11.7875	To Door 1
Pass Deck-Door 1	144	1,4625	-	-	To Corridor 1 & 2
Pass Deck-Corridor 1	72	1,95	10.725	20.9135	To Door 2
Pass Deck-Corridor 2	72	1,4625	18.525	27.09281	To Stair 2
Pass Deck-Door 2	72	0,39	-	-	To Stair 1
Pass Deck-Stair 1	72	0,4875	1.56	0.7605	To Door 3
Pass Deck-Stair 2	72	0,4875	1.56	0.7605	To Door 4
Main Deck-Door 3	72	0,39	-	-	To Corridor 3
Main Deck-Door 4	72	0,39	-	-	To Corridor 4
Main Deck-Corridor 3	72	0.6825	14.625	9.981563	To Emergency Exit
Main Deck-Corridor 4	72	0.6825	25.35	17.30138	To Emergency Exit

3 ASUMSI DAN MODEL PROGRAM SIMULASI

3.1 Pergerakan Simultan

Pergerakan simultan dalam proses evakuasi penumpang kapal adalah diasumsikan penumpang melakukan pergerakan secara bersama ketika ada aba-aba “evacuate” atau meninggalkan kapal. Selama pergerakan tersebut, kepadatan pada tiap titik disepanjang jalur evakuasi senantiasa berubah terhadap waktu, demikian pula kecepatan pergerakan orang sebagai fungsi terhadap kepadatan serta lebar jalur evakuasi yang dilalui.

3.2 Waktu Evakuasi

Waktu evakuasi adalah total waktu yang diperlukan untuk semua penumpang tiba di titik akhir evakuasi (muster station). Waktu kemacetan disaat melewati tangga serta pergantian jenis jalur evakuasi sudah termasuk dalam waktu tersebut sehingga tidak perlu penambahan waktu seperti yang direkomendasikan oleh IMO.

3.3 Kepadatan dan Kecepatan Pergerakan

Kepadatan dan kecepatan pergerakan orang pada tiap jalur evakuasi didasarkan pada standar yang diberikan oleh IMO. Kecepatan awal pergerakan orang pada setiap jalur evakuasi diasumsikan sama dengan kecepatan pada saat melewati lokasi jalur evakuasi sebelumnya. Pergerakan orang selama berada pada jalur evakuasi tertentu ditentukan sesuai dengan kepadatan dan dimensi ruang jalur evakuasi khususnya lebar jalur. Ketika kepadatan pada satu ruang tertentu sudah melebihi kapasitas maksimum dari ruangan tersebut maka diasumsikan bahwa tidak ada perpindahan orang keruang tersebut. Dengan demikian, kecepatan pergerakan orang pada ruangan sebelumnya akan sama dengan nol. Untuk kasus dimana terjadi pertemuan dua jalur evakuasi pada titik yang sama, jumlah orang yang masuk ke titik tersebut sama dengan jumlah aliran orang dari dua aliran yang berbeda yang masuk secara bersamaan. Pada kasus dimana transisi dari satu ruangan menuju dua jalur yang berbeda, aliran orang pada masing-masing jalur adalah sama. Asumsi ini sedikit berbeda dengan asumsi yang dipakai pada regulasi IMO dimana jumlah aliran pada setiap jalur disesuaikan dengan dimensi jalur yang dilalui.

3.5 Titik Kritis

Titik atau lokasi kritis adalah lokasi dimana jumlah penumpang pada lokasi tersebut cenderung untuk bertambah sampai batas waktu tertentu atau sampai semua penumpang yang ada pada lokasi sebelumnya sudah masuk pada lokasi tersebut. Sedangkan lokasi yang stabil adalah lokasi dimana jumlah penumpang yang ada pada lokasi tersebut cenderung tidak mengalami perubahan sepanjang proses evakuasi atau sampai semua penumpang yang ada pada lokasi tersebut sudah berpindah ke lokasi selanjutnya.

3.4 Model Program Simulasi

Dalam penelitian ini program simulasi evakuasi penumpang dikembangkan dengan Metode Pergerakan Simultan (MPS). Program dikembangkan terdiri dari tiga bagian pokok yaitu: input, proses dan output. Program input meliputi jumlah jalur evakuasi, jumlah dan jenis lokasi transisi pada tiap jalur serta dimensi dari masing-masing titik serta harga aliran spesifik dan kecepatan orang yang dipergunakan dalam proses input menggunakan sejumlah koefisien sebagaimana yang disyaratkan oleh IMO (2002). Bagian proses terdiri dari perhitungan kecepatan pergerakan, jarak tempuh orang pada setiap jalur serta jumlah orang yang ada pada setiap titik pada jalur evakuasi. Program output dari program simulasi dengan metode MPS ini adalah jumlah penumpang pada setiap lokasi di sepanjang jalur evakuasi pada setiap satuan waktu serta total waktu evakuasi. Berdasarkan distribusi dan perubahan distribusi penumpang pada setiap lokasi di jalur evakuasi, lokasi-lokasi kritis yang memungkinkan terjadinya penumpukan penumpang serta perlambatan proses evakuasi dapat diidentifikasi.

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

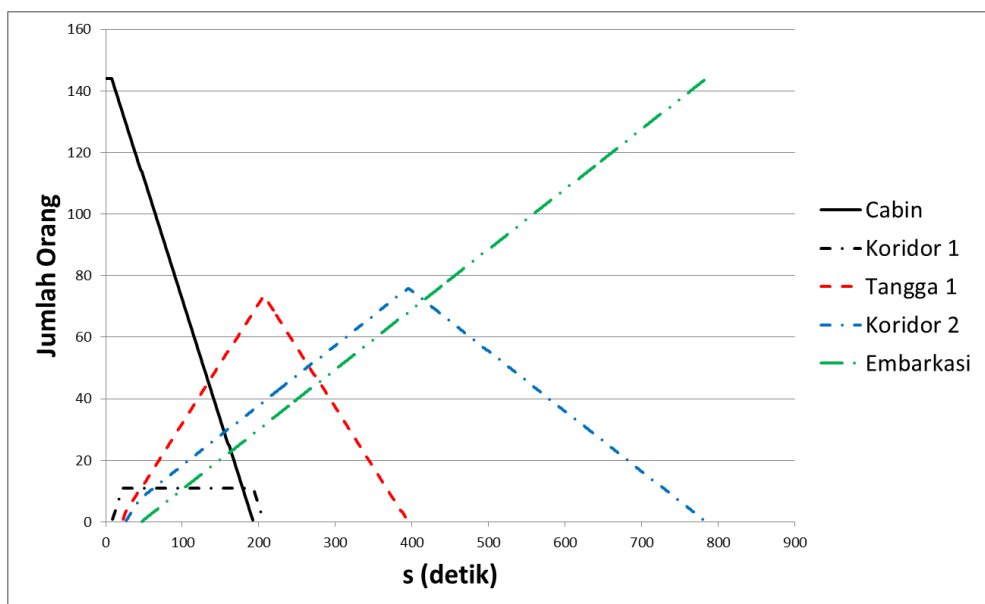
Simulasi evakuasi penumpang dengan metode SPM pada penelitian dianalisis dengan mengambil dua jalur evakuasi dari empat jalur evakuasi yang ada pada KMP Jatra Ilyaitu jalur evakuasi untuk penumpang kelas ekonomi yang terdapat di geladak penumpang dengan jalur evakuasi dari kelas ekonomi menuju ke pintu darurat yang terdapat di geladak kendaraan sebagaimana gambar 3. Jumlah penumpang yang dievakuasi pada jalur tersebut sebanyak 144 orang pada sisi kanan dan 144 orang pada sisi kiri kapal.

Gambar 4 menunjukkan waktu evakuasi yang diperlukan penumpang mulai meninggalkan ruang penumpang pada 100 detik pertama dan selanjutnya pada detik ke 290 semua penumpang sudah keluar dari ruang tersebut. Dengan waktu yang bersamaan pada detik 140 sudah ada penumpang yang tiba di geladak emergency dengan melewati jalur yang ditentukan hingga detik ke 870 seluruh penumpang sudah berada pada geladak emergency. Waktu tersebut lebih kecil sebagaimana disyaratkan IMO (<60 menit)

Berdasarkan jalur evakuasi yang dianalisis, potensi kepadatan (jalur kritis) terjadi pada pintu 1 dimana jalur tersebut dilalui oleh semua penumpang kelas ekonomi (2 x 144 orang) yang selanjutnya terbagi dua masing-masing 144 orang menuju koridor 1 dan 2. Jumlah maksimal

penumpang yang terakumulasi pada lokasi tersebut berkisar 72 orang pada detik ke 300. Jumlah tersebut berangsur-angsur berkurang setelah sudah ada penumpang yang tiba pada geladak emergency. Hal tersebut dikarenakan dimensi (lebar) jalur pada koridor 1 dan 2 lebih kecil dibanding pintu masuk kedua koridor tersebut. Hal serupa juga terjadi pada daerah pertemuan penumpang dari koridor 3 dan 4 menuju lokasi emergency. Pada lokasi tersebut terjadi penumpukan penumpang hingga mencapai 76 orang pada detik ke 490.

Total waktu evakuasi yang diperlukan untuk mengevakuasi seluruh penumpang dari ruang penumpang kelas ekonomi menuju pintu darurat yang berada di geladak kendaraan adalah 870 detik atau 14.50 menit lebih kecil dibandingkan dengan total waktu evakuasi yang diperoleh dengan memakai metode yang diberikan oleh IMO yaitu 16.43 menit (Muhammad et al, 2012). Perbedaan hasil perhitungan tersebut diatas dikarenakan adanya parsialisasi dalam mengestimasi waktu digunakan untuk melewati seluruh jalur evakuasi. Faktor lain yang memungkinkan terjadinya perbedaan hasil perhitungan kemungkinan karena ada asumsi waktu tambah akibat kemacetan atau antrian yang terjadi pada lokasi atau titik transisi tertentu. Khusus metode MPS yang kami terapkan, kemacetan atau antrian yang terjadi direalisasikan dalam bentuk perubahan kecepatan pergerakan penumpang yang semakin lambat, sementara pada metode parsial, koreksi waktu akibat kemacetan atau antrian berupa penambahan waktu evakuasi tanpa memperhatikan jumlah dan kondisi titik transisi sepanjang jalur evakuasi.



Gambar 4. Hasil simulasi evakuasi penumpang KMP Jatra II

5. KESIMPULAN

- Total waktu evakuasi yang diperlukan penumpang kelas ekonomi KMP Jatra mulai meninggalkan ruang penumpang hingga seluruh penumpang berada pada pintu darurat geladak kendaraan adalah 870 detik, waktu tersebut lebih kecil sebagaimana disyaratkan IMO (<60 menit)
- Potensi kepadatan atau jalur kritis terjadi pada pintu 1 dimana jalur tersebut dilalui oleh semua penumpang kelas ekonomi sebelum memasuki koridor 1 dan 2. Jumlah maksimal penumpang yang terakumulasi pada lokasi tersebut berkisar 72 orang pada detik ke 300. Selanjutnya penumpukan penumpang terjadi pada daerah pertemuan penumpang dari koridor 3 dan 4 menuju lokasi emergency. Pada lokasi tersebut terjadi penumpukan penumpang hingga mencapai 76 orang pada detik ke 490.
- Potensi lokasi atau titik kritis pada setiap jalur evakuasi terjadi pada pertemuan antara dua atau lebih jalur evakuasi khususnya pada lokasi titik transisi seperti dekat pintu dan tangga

atau penyempitan jalur khususnya jalur evakuasi dari ruang penumpang dengan kapasitas penumpang yang besar.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada DP2M DIKTI dalam pendanaan penelitian ini. Terima kasih pula khususnya kepada teknisi dan mahasiswa yang tergabung dalam kelompok penelitian bersama pada Labo-Based Education Laboratory Keselamatan Kapal Universitas Hasanuddin yang telah membantu selama pengambilan data di lapangan.

Rujukan

- IMO, 1999. Interim guidelines for a simplified evacuation analysis on Ro-Ro passenger ships. MSC/ Circ. 909.
- IMO, 2002. Interim guidelines for evacuation analyses for new and existing passenger ships. MSC/ Circ. 1033.
- Lee, D., Kim, H.A., Park J.H and Park, J.B (2003): The current status and future issues in human evacuation from ships, *Journal of Safety Science*, Vol. 41. pp. 861 -876
- 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
- Hakkarainen, et al. (2009): Survivability for ship in case of fire, Final report of SURSHIP-FIRE Project
- Vanem, E., Skjong, R. (2006): Designing for safety in passenger ships utilizing advanced evacuation analyses - A risk based approach, *Journal of Safety Science*, Vol. 44. pp. 111 - 135
- Muhammad, A.H., Paroka, D. (2012): Studi Jalur Evakuasi pada Kapal Penyeberangan antar pulau, Seminar Nasional Teori dan Aplikasi Teknologi Kelautan. ITS Surabaya