

# WAKTU EVAKUASI MAKSIMUM PENUMPANG PADA KAPAL PENYEBERANGAN ANTAR PULAU

## *On The Evacuation Time Analysis of a Ship Flooding Accident on an Inter Island Ship*

Daeng Paroka<sup>1</sup>, Muh. Zulkifli<sup>1</sup>, Syamsul Asri<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Unhas, Makassar  
Email: dparoka@eng.unhas.ac.id

Diterima: 31 Oktober 2013; Direvisi: 2 Desember 2013; Disetujui: 5 Desember 2013

### Abstrak

Korban jiwa pada kecelakaan kapal dapat terjadi akibat kesulitan untuk mengevakuasi penumpang akibat kepanikan, kelebihan penumpang serta dimensi serta rute dari jalur evakuasi yang tidak memungkinkan untuk mengevakuasi penumpang dalam waktu yang singkat. Paper ini mengevaluasi waktu evakuasi berdasarkan standar IMO apabila terjadi kebocoran satu atau beberapa kompartemen secara bersamaan. Waktu kebocoran diestimasi dengan memakai prinsip Bernoulli. Jalur evakuasi dianggap layak apabila waktu evakuasi yang dibutuhkan lebih kecil dari waktu kebocoran. Hasil perhitungan dan analisis menunjukkan bahwa kebocoran pada kompartemen tertentu dengan luas penampang bocor yang besar dapat mengakibatkan penumpang tidak dapat dievakuasi sebelum kapal kehilangan stabilitas atau tenggelaman. Oleh karena itu, penentuan jalur evakuasi hendaknya tidak hanya mempertimbangkan kasus kebakaran tetapi juga bentuk kecelakaan lain yang mungkin terjadi di kapal seperti masalah kebocoran.

**Kata kunci :** evakuasi, kebocoran, kapal penyeberangan

### Abstract

*Loss of life in a ship accident in seaways may occurs due to difficulty in evacuation process because of phisicological attack, overloading and dimension of the evacuation route to evacuate the passenger in limited time. This paper evaluates the evacuation time based on the IMO standard when one or a group compartement floods. The time of flooding was calculated using the Benoulli principle. The evacuation route is assumed to be appropriate if the evacuation time obtained by IMO standard is smaller than the fooding time. Results of calculation and analysis show that for large area of flooding, the passenger cannot be fully evacuated before loss stability of the ship or capsizing. Therefore, design of the evacuation route should not only consider fire accident but also the other accidents such as ship flooding.*

**Key words :** *evacuation, flooding, inter-island ship*

### PENDAHULUAN

Salah satu bentuk kecelakaan kapal yang dapat mengakibatkan terjadinya ketenggelaman adalah kebocoran pada satu atau beberapa kompartemen. Kebocoran tersebut menyebabkan daya apung kapal

berkurang sehingga sarat kapal akan bertambah. Penambahan sarat kapal akibat kebocoran akan berpengaruh terhadap stabilitas dan kekuatan struktur kapal. Kapal dapat kehilangan stabilitas akibat sarat yang terlalu besar (lambung timbul kecil) sehingga

kapal terbalik atau tenggelaman. Organisasi Maritim Internasional (IMO) telah memberikan kriteria stabilitas untuk kapal yang mengalami kebocoran (IMO, 2002a). Selain itu, IMO juga telah memberikan persyaratan lambung timbul minimum kapal dimana apabila terjadi kehilangan daya apung akibat kebocoran kapal masih dapat bertahan minimal sampai semua penumpang dievakuasi atau berlayar sampai pada pelabuhan terdekat (IMO, 2002b). Meskipun kapal memenuhi kedua kriteria tersebut, ketenggelaman dapat terjadi akibat adanya momen pengganggu seperti gelombang dan angin atau pergeseran muatan ke salah satu sisi kapal. Oleh karena itu, waktu evakuasi pada saat terjadi kebocoran tetap perlu menjadi pertimbangan untuk penilaian keselamatan atau keamanan kapal dalam pelayaran.

IMO telah mengeluarkan standar perhitungan waktu evakuasi apabila terjadi kebakaran yang dimaksudkan untuk mengevaluasi jalur evakuasi yang ada di kapal (IMO, 2002c). Perencanaan jalur evakuasi sangat tergantung pada posisi ruang penumpang serta lokasi dimana penumpang akan dievakuasi untuk meninggalkan kapal (*muster station*). Kecepatan evakuasi sangat tergantung pada dimensi jalur evakuasi, kondisi kapal serta karakteristik penumpang yang akan dievakuasi (Lee, et, al, 2003 dan Lee, et, al, 2004). Pada kasus kebocoran, kemiringan dan trim kapal dapat berpengaruh secara signifikan terhadap kecepatan pergerakan orang pada saat evakuasi. Oleh karena itu, waktu evakuasi penting untuk dievaluasi terhadap waktu kebocoran.

Dengan adanya evaluasi waktu evakuasi pada saat terjadi kebocoran, memberikan jaminan terhadap *safety plan* atau jalur evakuasi penumpang tidak hanya pada kasus kebakaran tetapi juga pada kasus kecelakaan yang lain yang membutuhkan evakuasi penumpang dari kapal. Hasil yang diperoleh pada paper ini dapat menjadi bahan pertimbangan dalam penentuan prosedur atau metode perhitungan waktu evakuasi, baik dari segi perencanaan rute atau jalur, maupun standar kecepatan pergerakan orang serta waktu total evakuasi. Metode perhitungan waktu evakuasi juga dapat dipakai sebagai bahan pertimbangan dalam mendisain *layout* atau penempatan ruangan di atas kapal untuk menghindari terjadinya penumpukan penumpang serta keterlambatan evakuasi pada saat terjadi kecelakaan.

## TINJAUAN PUSTAKA

Waktu kebocoran adalah total waktu penetrasi air laut ke dalam kompartemen yang mengalami kebocoran mulai dari saat terjadinya kebocoran sampai kompartemen terisi penuh atau kapal mencapai kondisi kesetimbangan baru setelah terjadi kebocoran. Total waktu kebocoran diperoleh sebagai perbandingan antara volume kompartemen bocor dengan debit penetrasi air laut. Debit penetrasi air laut merupakan fungsi dari kecepatan aliran penetrasi serta luas kebocoran. Kecepatan aliran penetrasi air laut ke dalam kompartemen bocor diestimasi dengan memakai prinsip Bernoulli sebagai berikut:

$$v = c\sqrt{2g(h_0 - h_1)} \quad (\text{m/det}) \quad (1)$$

dimana  $g$  adalah percepatan gravitasi,  $c$  adalah konstanta yang tergantung pada geometri kebocoran,  $h_0$  dan  $h_1$  masing-masing adalah tinggi permukaan air laut di luar dan di dalam kompartemen. Apabila tinggi permukaan air laut di dalam kompartemen sama dengan atau lebih besar dari tinggi permukaan air laut di luar kompartemen maka kecepatan aliran sama dengan nol. Berdasarkan kecepatan aliran yang diperoleh dari persamaan (1), debit penetrasi air laut ke dalam kompartemen dapat diestimasi dengan memakai persamaan berikut (Vassalos, 2000):

$$Q = v \cdot A \quad (\text{m}^3/\text{det}) \quad (2)$$

dimana  $A$  adalah luas lubang bocor dari kompartemen. Dengan mengetahui debit penetrasi kebocoran, waktu yang diperlukan untuk mengisi kompartemen yang bocor sampai kapal mencapai kondisi kesetimbangan yang baru setelah mengalami kebocoran dapat diestimasi dengan memakai persamaan berikut:

$$t = \frac{V}{Q} \quad (\text{det}) \quad (3)$$

dimana  $V$  adalah volume kebocoran pada saat kapal mencapai kondisi kesetimbangan yang baru.

Waktu evakuasi adalah waktu yang diperlukan mulai dari penumpang bergerak dari ruang penumpang sampai ke lokasi evakuasi (*muster station*). Total waktu evakuasi tergantung pada panjang jalur, jumlah titik transisi serta lebar jalur evakuasi. Selain itu, faktor karakteristik penumpang seperti umur dan jenis kelamin juga akan berpengaruh terhadap waktu total evakuasi akibat perbedaan kecepatan pergerakan masing-masing kelompok penumpang.

## Waktu Evakuasi Maksimum Penumpang pada Kapal Penyeberangan antar Pulau ( Daeng Paroka, Muh. Zulkifli dan Syamsul Asri )

IMO memberikan standar kecepatan pergerakan penumpang untuk beberapa jenis jalur evakuasi seperti tangga, lorong dan pintu (IMO, 2002b). IMO juga merekomendasikan metode perhitungan waktu evakuasi sesuai dengan standar kecepatan tersebut dengan faktor koreksi akibat kepadatan serta waktu untuk persiapan proses evakuasi. Total waktu yang diperoleh harus lebih kecil dari waktu maksimum yang disyaratkan oleh IMO. Muhammad, et, al, (2013) mengusulkan Metode Pergerakan Simultan (MPS) untuk mengestimasi total waktu evakuasi mulai dari ruang penumpang sampai ke lokasi evakuasi (*muster station*). Pada metode MPS, tambahan waktu akibat perubahan dimensi jalur serta waktu koreksi lainnya tidak perlu ditambahkan pada hasil akhir karena sudah diperhitungkan pada metode tersebut. Standar kecepatan pergerakan orang sebagai fungsi dari kepadatan dan dimensi jalur pada metode ini tetap mengacu pada standar yang diberikan oleh IMO. Hasil perhitungan ini telah divalidasi dengan pengujian langsung pada kapal penyeberangan antar pulau (Muhammad, et, al, 2013).

Kedua metode tersebut (IMO dan MPS) tidak mempertimbangkan pengaruh kemiringan, trim atau dinamika kapal terhadap kecepatan pergerakan orang. Pada metode yang direkomendasikan oleh IMO, penumpang yang akan dievakuasi diasumsikan bergerak secara bersamaan sehingga akan melewati satu jalur evakuasi secara bersamaan dan sampai pada jalur berikutnya pada waktu yang sama pula. Pada kenyataannya, satu atau beberapa penumpang terdepan bisa sampai di lokasi evakuasi (*muster station*) sebelum semua penumpang khususnya yang berada di baris paling belakang meninggalkan ruang penumpang. Faktor ini yang menyebabkan perlunya waktu koreksi pada hasil perhitungan akhir dari total waktu evakuasi. Hal ini tidak terjadi pada metode MPS karena semua penumpang diasumsikan bergerak tanpa tergantung pada penumpang lain.

### METODE PENELITIAN

Kapal yang dijadikan sampel dalam penelitian adalah kapal penyeberangan antar pulau yang beroperasi di salah satu lintasan penyeberangan di Indonesia. Ukuran utama kapal, rencana umum serta

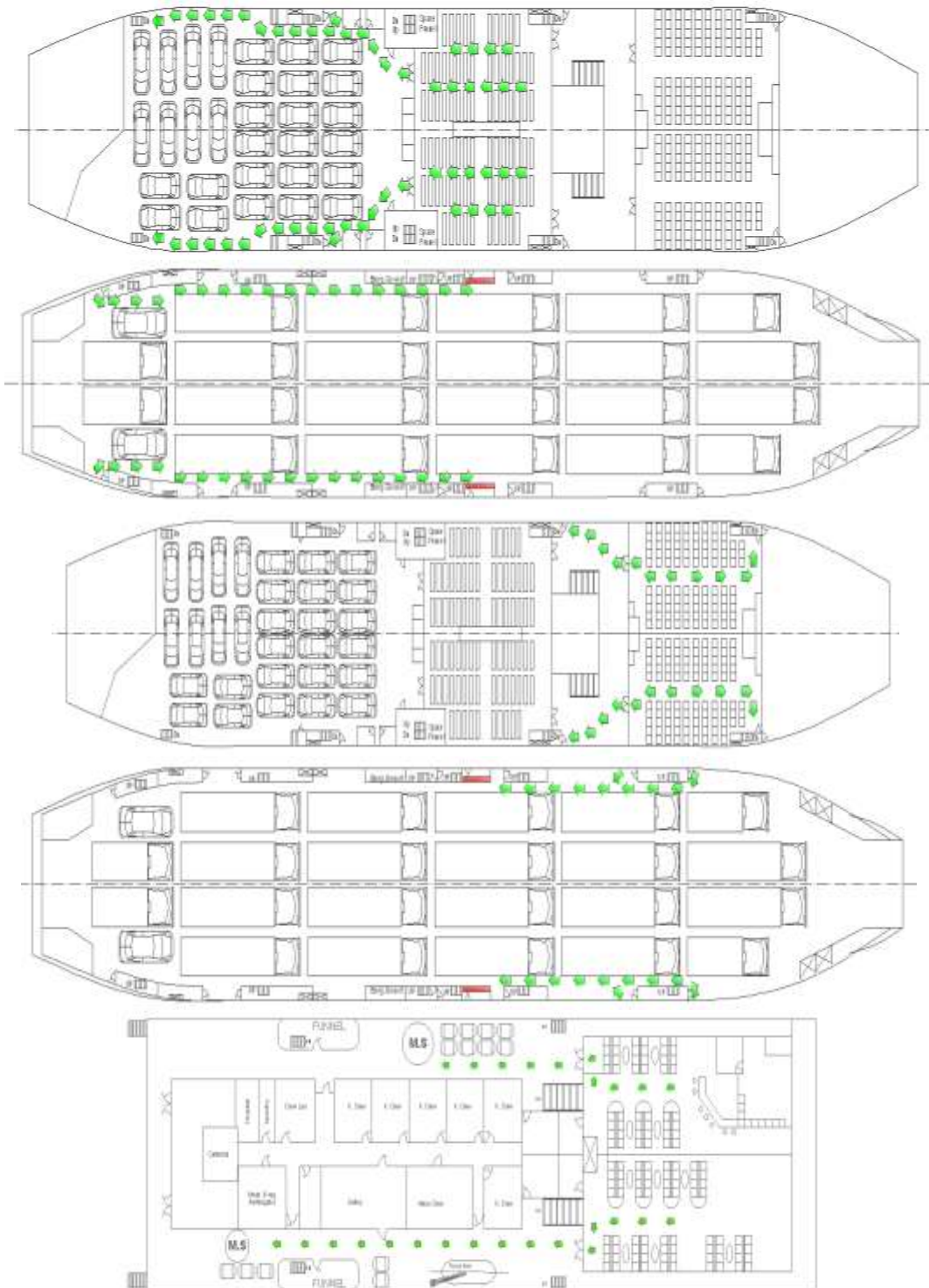
jalur evakuasi penumpang pada kapal tersebut ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 1.

Tabel 1. Ukuran utama kapal

No.	Uraian	Satuan	Ukuran
1	Panjang keseluruhan	m	88.70
2	Panjang antara garis tegak	m	81.00
3	Lebar	m	15.60
4	Tinggi	m	5.00
5	Sarat	m	3.75
6	Kecepatan	Knot	16.00
7	Penumpang	Orang	700
8	Kendaraan	Unit	50

Penumpang tersebut terbagi menjadi tiga kelompok, yaitu kelas ekonomi, kelas bisnis serta kelas eksekutif dengan ruangan yang terpisah seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Begitu juga dengan kendaraan yang terpisah antara kendaraan truk dan bus serta kendaraan pribadi seperti sedan atau mobil pribadi lainnya. Jalur evakuasi untuk masing-masing kelas penumpang tersebut terpisah. Penumpang kelas ekonomi dan kelas bisnis dievakuasi menuju ke lokasi evakuasi di geladak kendaraan melalui pintu darurat sedangkan penumpang kelas eksekutif dievakuasi ke *muster station* yang ada di atas geladak navigasi. Secara umum, jalur evakuasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 di atas terdiri dari koridor (lorong), tangga (naik dan turun) serta pintu. Ukuran dari masing-masing jenis jalur evakuasi tersebut berbeda sehingga akan berpengaruh terhadap pergerakan orang pada jalur tersebut.

Estimasi total waktu evakuasi penumpang dilakukan dengan asumsi bahwa kapal dalam kondisi muatan penuh (700 orang penumpang dan 50 unit kendaraan). Semua penumpang diasumsikan sedang berada di ruang penumpang sesuai dengan kelasnya. Perhitungan waktu evakuasi dilakukan dengan memakai metode yang diberikan oleh IMO termasuk standar kecepatan pergerakan penumpang pada setiap jalur sebagai fungsi dari kepadatan pada jalur tersebut. Total waktu evakuasi untuk kapal yang dijadikan sampel pada paper ini sudah dihitung pada paper terdahulu (Muhammad, et, al, 2012).

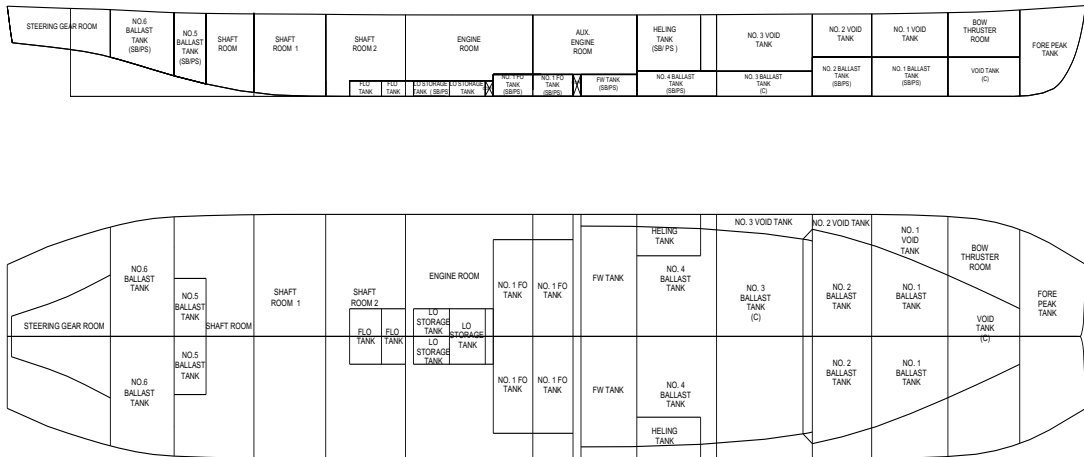


Gambar 1. Rencana umum dan jalur evakuasi

**Waktu Evakuasi Maksimum Penumpang pada Kapal Penyeberangan antar Pulau  
( Daeng Paroka, Muh. Zulkifli dan Syamsul Asri )**

Estimasi waktu kebocoran dilakukan untuk beberapa kombinasi kompartemen yang mengalami kebocoran. Jumlah maksimum ruangan yang dapat mengalami kebocoran secara bersamaan terjadi diasumsikan tiga kompartemen berurutan, mulai dari kompartemen paling belakang sampai dengan kompartemen terdepan. Waktu kebocoran diestimasi

pada kombinasi ruang bocor yang tidak memenuhi kriteria stabilitas. Kombinasi ruang bocor dengan waktu kebocoran yang terlama diambil sebagai waktu kebocoran yang selanjutnya dibandingkan dengan total waktu evakuasi. Tata letak kompartemen dari kapal sampel ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Tata letak kompartemen kapal

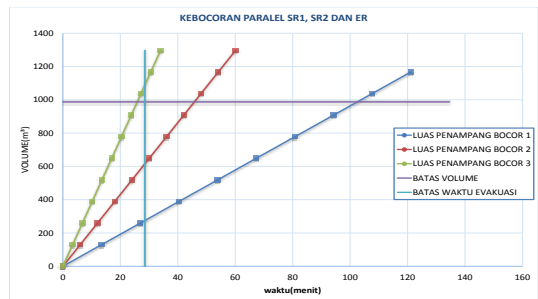
Waktu kebocoran selain tergantung pada volume ruang bocor, juga tergantung pada kecepatan aliran air laut yang masuk ke dalam kompartemen. Oleh karena itu, pada paper ini luas kebocoran divariasikan tetapi bentuk atau geometri dari kebocoran tersebut diasumsikan sama yaitu berbentuk lingkaran. Dengan variasi luas kebocoran tersebut, waktu evakuasi dapat diperkirakan ketika awak kapal mengetahui luas dan bentuk atau geometri kebocoran yang terjadi.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berdasarkan hasil perhitungan lengan stabilitas pada saat terjadi kebocoran tiga kompartemen yang berurutan, diperoleh enam kombinasi kebocoran yang tidak memenuhi kriteria stabilitas IMO. Untuk mendapatkan waktu kebocoran maksimum, waktu kebocoran untuk keenam kombinasi ruang bocor tersebut diestimasi dengan variasi luas kebocoran yang

bervariasi. Hasil perhitungan waktu kebocoran untuk kombinasi kebocoran pertama ditunjukkan pada Gambar 3.

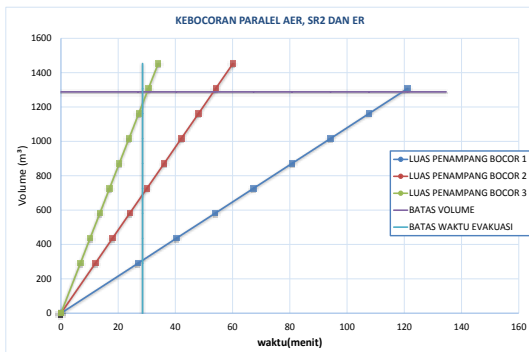
Gambar 3 menunjukkan hasil estimasi waktu kebocoran untuk tiga luas bidang bocor yang berbeda, masing-masing 0.008 m<sup>2</sup>, 0.018 m<sup>2</sup> dan 0.031 m<sup>2</sup>.



Gambar 3. Waktu kebocoran kombinasi 1.

Sumbu mendatar kurva tersebut adalah waktu kebocoran sedangkan sumbu vertikal adalah volume air yang masuk ke kompartemen yang mengalami kebocoran. Gambar 3 menunjukkan bahwa waktu kebocoran untuk luas kebocoran 0.031 m<sup>2</sup> lebih singkat dibandingkan dengan waktu evakuasi, dimana semua kompartemen bocor sudah terisi penuh dengan air laut sebelum semua penumpang dievakuasi dari kapal. Untuk dua luas kebocoran yang lain, semua penumpang telah dievakuasi sebelum kompartemen yang bocor terisi penuh dengan air laut. Kondisi ini menunjukkan bahwa kombinasi kebocoran pertama dapat mengakibatkan penumpang tidak dapat dievakuasi sebelum kapal mengalami ketenggelaman apabila luas kebocoran lebih besar dari 0.03 m<sup>2</sup> dengan ketentuan geometri kebocoran berbentuk lingkaran.

Gambar 4 menunjukkan hubungan antara waktu kebocoran dengan volume air yang masuk ke kompartemen yang mengalami kebocoran untuk tiga luas kebocoran yang berbeda untuk kombinasi kebocoran 2.

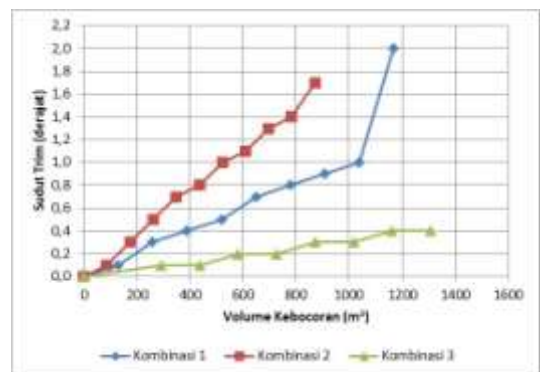


Gambar 4. Waktu kebocoran kombinasi 2.

Gambar 4 menunjukkan bahwa semua penumpang kapal dapat dievakuasi dengan aman sebelum kapal mengalami ketenggelaman untuk semua luas kebocoran. Waktu evakuasi masih lebih kecil dari waktu yang diperlukan untuk mengisi semua kompartemen yang mengalami kebocoran sampai penuh dimana kapal menjadi tidak stabil dan tenggelaman atau terbalik. Untuk empat kombinasi kebocoran yang lain, menunjukkan bahwa waktu evakuasi lebih lama dibandingkan dengan waktu kebocoran apabila luas kebocoran lebih besar dari 0.30 m<sup>2</sup>. Perbedaan waktu kebocoran untuk masing-masing

kombinasi kebocoran disebabkan karena perbedaan total volume kompartemen yang mengalami kebocoran. Selain itu, posisi kompartemen yang mengalami kebocoran dapat mengakibatkan perbedaan waktu penetrasi air laut ke dalam kompartemen. Hal ini disebabkan karena perbedaan posisi tersebut akan berpengaruh terhadap perbedaan tekanan air sehingga berpengaruh terhadap kecepatan penetrasi.

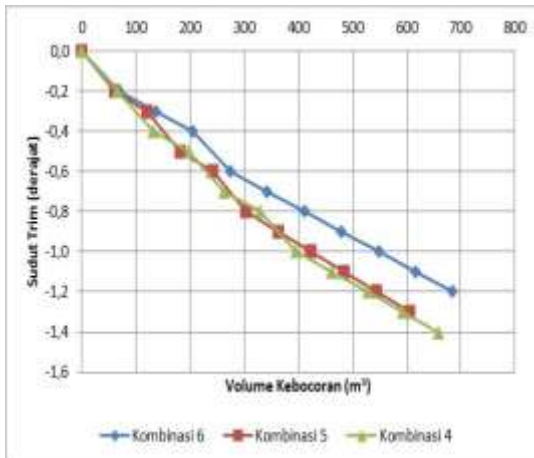
Posisi kombinasi kompartemen juga akan menyebabkan kondisi trim atau keolengan kapal yang berbeda. Perbedaan kondisi trim atau keolengan kapal berpengaruh terhadap kecepatan penetrasi air laut akibat perbedaan tekanan yang disebabkan oleh perbedaan kedalaman kebocoran dari permukaan air laut. Trim dan keolengan mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap karakteristik lengan stabilitas. Oleh karena itu, meskipun volume kompartemen dari kombinasi kebocoran lebih kecil tetapi berada atau dekat dengan ujung belakang atau haluan kapal dapat berpengaruh secara signifikan terhadap karakteristik lengan stabilitas dimana kapal tidak memenuhi kriteria stabilitas IMO. Gambar 5 dan Gambar 6 menunjukkan hubungan antara volume kebocoran dengan sudut trim yang dialami oleh kapal untuk enam kombinasi kebocoran yang dianalisis.



Gambar 5. Sudut trim akibat kebocoran pada kombinasi kebocoran 1 – 3.

Gambar 5 menunjukkan sudut trim akibat kebocoran yang terjadi pada kombinasi kebocoran 1 – 3 dimana kompartemen yang mengalami kebocoran berada di belakang penampang tengah kapal. Sudut trim positif yang ditunjukkan pada Gambar 4 adalah trim buritan. Gambar 6 menunjukkan kebocoran pada kombinasi kebocoran 4 – 6 dimana kompartemen yang

mengalami kebocoran berada di depan penampang tengah kapal. Tanda negatif pada sudut trim menunjukkan trim haluan.



Gambar 6. Sudut trim akibat kebocoran pada kombinasi kebocoran 4 – 6.

Berdasarkan hasil perhitungan sudut trim dan waktu kebocoran yang diberikan pada Gambar 3 – 4 dapat dilihat bahwa pengaruh posisi kompartemen yang mengalami kebocoran terhadap trim kapal cukup signifikan apabila kompartemen tersebut berada di bagian buritan sedangkan untuk kombinasi kompartemen yang berada di bagian depan, posisi kompartemen yang mengalami kebocoran tidak terlalu berpengaruh terhadap sudut trim khususnya untuk kombinasi kebocoran 4 dan kombinasi kebocoran 5. Meskipun demikian, pengaruh trim haluan terhadap kondisi stabilitas lebih signifikan dibandingkan dengan trim buritan. Kapal dapat menjadi tidak stabil meskipun volume air yang masuk ke kompartemen masih lebih kecil dibandingkan dengan kebocoran yang terjadi pada kombinasi kompartemen yang ada di bagian buritan. Hal ini dapat disebabkan oleh distribusi luasan badan kapal yang ada di bawah permukaan air pada bagian haluan lebih kecil dibandingkan dengan yang ada di bagian buritan kapal.

Waktu penetrasi air laut pada semua kombinasi kompartemen berbeda akibat perbedaan volume kebocoran dimana kondisi stabilitas kapal sudah tidak memenuhi kriteria stabilitas IMO. Dengan demikian, pada luas kebocoran  $0.031 \text{ m}^2$ , waktu kebocoran untuk kombinasi kebocoran pada kompartemen bagian depan

kapal lebih kecil dibandingkan dengan total waktu evakuasi. Berdasarkan data ini dapat disimpulkan bahwa dengan jalur evakuasi yang ada, tidak semua penumpang dapat dievakuasi dengan aman apabila kebocoran terjadi di kompartemen bagian haluan kapal atau di depan penampang tengah kapal, jika luas kebocoran yang terjadi lebih besar dari  $0.031 \text{ m}^2$ . Hal yang sama juga terjadi untuk kombinasi kompartemen yang ada di bagian buritan kecuali kombinasi kompartemen 2 meskipun volume kebocorannya lebih besar dibandingkan dengan kombinasi kebocoran yang lain.

Waktu evakuasi yang dijadikan pedoman diestimasi tanpa mempertimbangkan pengaruh trim dan olengan kapal. Ketika kebocoran terjadi, kapal dapat mengalami trim dan kemiringan dengan sudut yang cukup besar dimana akan berpengaruh terhadap kecepatan pergerakan penumpang yang akan dievakuasi. Oleh karena itu, untuk mengevaluasi kelayakan jalur evakuasi yang ada terhadap bahaya yang disebabkan oleh kebocoran, pengaruh trim dan kemiringan terhadap kecepatan pergerakan penumpang harus dipertimbangkan. Hasil analisis ini juga menunjukkan bahwa dalam penentuan jalur evakuasi tidak hanya mempertimbangkan kondisi bahaya akibat kebakaran tetapi juga harus memperhatikan kondisi lain seperti kebocoran yang dapat terjadi akibat kapal kandas, tabrakan, atau membentur benda lain yang ada di perairan.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Estimasi waktu kebocoran untuk berbagai kombinasi kompartemen telah dilakukan. Hasil estimasi waktu kebocoran tersebut dibandingkan dengan waktu evakuasi berdasarkan jalur evakuasi pada kapal yang dijadikan sampel penelitian. Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa ada enam kombinasi kompartemen yang apabila mengalami kebocoran, stabilitas kapal tidak memenuhi kriteria stabilitas IMO. Dari keenam kombinasi kebocoran tersebut, kemungkinan evakuasi tidak dapat dilakukan terhadap semua penumpang apabila luas kebocoran lebih besar dari  $0.031 \text{ m}^2$  dimana waktu kebocoran lebih kecil dibandingkan dengan waktu evakuasi.

Kebocoran kombinasi kompartemen yang terletak pada bagian haluan dan buritan menyebabkan trim yang paling besar. Oleh karena itu, pengaruh trim

terhadap kecepatan pergerakan orang penting untuk dipertimbangkan pada estimasi total waktu evakuasi. Selain itu, standar perhitungan waktu evakuasi untuk penilaian kelayakan jalur evakuasi pada kapal penyeberangan antar pulau harus dievaluasi terhadap waktu kebocoran.

#### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Data kapal yang dijadikan sampel pada paper ini diperoleh dari PT. ASDP Indonesia Ferry (Persero). Penulis mengucapkan terima kasih atas kesediaan mereka memberikan data yang diperlukan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- IMO (2002a) *Safety of Life at Sea (SOLAS)*, International Maritime Organization (IMO), London.
- IMO (2002b) *International Loas Line Convention (ILLC)*, International Maritime Organization (IMO), London.
- IMO (2002c) *Interim Guidlines For Evacuation Analysis For New and Existing Passenger Ships*, MSC/Circ. 1033, International Maritime Organization (IMO), London.
- Lee, D., Kim, H.A., Park J.H dan Park, J.B (2003) *The Current Status and Future Issues in Human Evacuation From Ships*, J. Safety Science, Vol. 41, pp. 861 – 876.
- Lee, D., Park, J.H dan Kim, H.A (2004) *Study on Experimentof Human Behavior For Evacuation Simulation*, J. Ocean Engineering, Vol. 31, pp. 931 – 941.
- Muhammad, A.H, Paroka, D. dan Bahrin (2013) *Analisis Lokasi Kritis Jalur Evakuasi Penumpang Kapal Penyeberangan Antar Pulau*, Prosiding Seminar Nasional Teori dan Aplikasi Teknologi Kelautan (SENTA), Surabaya.
- Vassalos, D. (2000) *Modelling the Accumulation of Water oh the Vehicle Deck of a Damage Ro-Ro Vessel and Proposal of Survival Criteria*, In *Contemporary Ideas on Ship Stability*, Elsevier, Oxford, pp. 315 – 337.