



Analisis Pengaruh Variasi Lebar Kompartemen Samping terhadap Damage Stability pada Kapal Small Open Deck Ro-Ro Passenger

Parlindungan Manik^{1*)}, Arnan Abdurrofi¹⁾, Kiryanto¹⁾, Berlian Arswendo Adietya¹⁾

¹⁾Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

diajukan pada : 14/10/19

direvisi pada : 24/10/19

diterima pada : 28/10/19

Abstrak

Angkutan penumpang di perairan Indonesia masih didominasi oleh kapal Ro-Ro berukuran (GT) kecil dengan ciri memiliki geladak kendaraan terbuka dan tidak kedap air atau dikenal dengan kapal *small open deck ro-ro passenger* (*sodropax*). Selain itu, keberadaan *freeboard* yang rendah turut memperburuk karakteristik stabilitasnya, sehingga masih banyak kapal *sodropax* yang belum memenuhi kriteria *intact* dan *damage stability*. Disamping itu tingkat kecelakaan kapal terus meningkat setiap tahunnya dan menelan korban jiwa yang tidak sedikit. Memvariasikan kompartemen samping dikenal mampu meningkatkan karakteristik *damage stability* pada kapal penumpang, namun belum ada penelitian terbaru mengenai aplikasinya pada kapal tipe *sodropax*. Penelitian ini pun dilakukan untuk melihat pengaruh perubahan rasio lebar kompartemen samping terhadap nilai *damage stability* sehingga mampu memenuhi kriteria SOLAS. Perhitungan *equilibrium* menggunakan metode *lost buoyancy* dengan pendekatan kebocoran probabilistik yaitu menganalisis semua kemungkinan kebocoran pada kapal serta kemungkinannya untuk bertahan pada kebocoran tersebut. Variasi kompartemen samping diterapkan pada 3 kapal Ro-ro penumpang berukuran 500, 600, dan 750 GT. Hasilnya, kapal dengan kompartemen samping pada rasio lebar B/5 mampu meningkatkan karakteristik *damage stability* sebesar 7% terhadap desain awal dan 14,2% terhadap desain kapal tanpa kompartemen samping, namun terdapat satu kapal yang masih belum memenuhi kriteria SOLAS Chapter II-1 Part B tentang *Subdivision and Stability*.

Copyright © 2017, **KAPAL**, 1829-8370 (p), 2301-9069(e)

Kata Kunci : Probabilistik, Damage Stability, Ro-ro Passenger, SOLAS, Kompartemen Samping

1. PENDAHULUAN

Karena kemampuannya dalam mengangkut penumpang, barang, dan kendaraan di waktu yang bersamaan, kapal Ro-ro sangat berperan dalam menghubungkan pulau-pulau di Indonesia. Pada tahun 2016 arus penumpang pelabuhan yang dikelola oleh PT. Pelni mencapai 14,4 juta jiwa. [1]

Saat ini perairan Indonesia masih didominasi oleh kapal Ro-ro berukuran (GT) kecil, bertipe geladak terbuka yang tidak kedap air, atau dikenal dengan istilah *sodropax* (*small open deck Ro-ro passenger*). Tipe Ro-ro seperti ini sengaja didesain untuk mengurangi beban pajak kapal yang tinggi

serta menekan biaya perawatannya. Selain itu, keberadaan *freeboard* yang rendah turut memperburuk karakteristik stabilitas kapal, sehingga masih banyak kapal *sodropax* yang belum mampu memenuhi kriteria *Intact* dan *Damage Stability*. [2]

Hampir satu dekade terakhir tercatat jumlah kecelakaan kapal di Indonesia selalu meningkat setiap tahunnya. Bahkan kapal Ro-ro penumpang menyumbang 7 dari 34 kasus kecelakaan kapal yang terjadi pada tahun 2017 dengan kerugian jiwa yang tidak sedikit [3]. Maka dari itu, *damage stability* yang baik dibutuhkan oleh kapal untuk mempertahankan posisinya saat terjadi kebocoran agar tidak tenggelam atau setidaknya memperlambat proses tenggelamnya kapal sehingga dapat dilakukan evakuasi penumpang.

*) Penulis Korespondensi :

Email : Parlin7421@gmail.com

Inilah yang mendorong banyak peneliti untuk menemukan solusi dari permasalahan keselamatan yang selalu melekat pada tipe kapal *sodropax* apabila dilihat dari karakteristik *damage stability*.

Banyak cara untuk meningkatkan kriteria *damage stability* pada kapal *sodropax* diantaranya adalah melakukan perubahan bentuk dan dimensi kapal, pengurangan sarat serta penambahan sponson (volume apung) pada badan kapal [4]. Namun perubahan seperti ini cenderung memakan banyak waktu, biaya dan tidak efisien.

Penelitian lain menunjukkan bahwa nilai *damage stability* banyak dipengaruhi oleh besarnya volume kedap kapal [5], maka penambahan *side casing* atau rumah geladak pada dek kendaraan menjadi solusi praktis dan ekonomis untuk kapal-kapal bertipe *sodropax* [2]. Namun penelitian yang berbeda menunjukkan 2 dari 4 *sodropax* yang telah mengaplikasikan *side casing* ternyata belum mampu memenuhi kriteria minimum *damage stability* [6].

Solusi lain untuk meningkatkan nilai *damage stability* pada kapal *sodropax* adalah dengan cara memvariasikan lebar *wing tank*/kompartemen samping. Telah dilakukan penelitian untuk mengetahui efek variasi lebar *wing tank* terhadap *damage stability* yang dilakukan pada kapal Ro-ro besar dengan geladak kendaraan tertutup. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa semakin besar lebar *wing tank* maka nilai *damage stability* juga semakin tinggi. Pada variasi lebar B/3 sampai B/5, nilai indeks A paling tinggi dicapai pada rasio lebar *wing tank* B/5 atau 1/5 lebar kapal [7].

Namun saat ini penelitian tersebut dinilai kurang relevan terhadap perkembangan regulasi keselamatan kapal tentang kriteria *damage stability*, karena metode analisisnya masih menggunakan standar SOLAS 1990 yang dinilai kurang aman apabila dibandingkan dengan standar saat ini yaitu SOLAS 2009 [8]. Selain itu belum ada penelitian lanjutan yang membahas efek variasi kompartemen samping kapal yang menggunakan standar SOLAS 2009, khususnya pada kapal tipe *sodropax* yang ada di perairan Indonesia.

Maka dari itu, penelitian ini melakukan studi analisis efek variasi lebar kompartemen samping terhadap nilai *damage stability* kapal untuk mencari rasio lebar kompartemen yang optimal dan dengan kriteria *SOLAS Chapter II-1 Part B-1 tentang Subdivision & stability*.

Adapun target yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah melihat pengaruh perubahan rasio lebar kompartemen samping terhadap nilai *damage stability*. Selain itu penelitian ini diharapkan mampu membuktikan apakah perubahan rasio lebar kompartemen samping dapat memenuhi kriteria SOLAS. Hasil penelitian ini nantinya dapat

menjadi acuan bagi pemilik dan pembuat kapal saat merancang kompartemen. Diharapkan dengan adanya studi tentang *damage stability* pada kapal *sodropax* di Indonesia mampu meningkatkan standar keselamatan kapal penumpang serta mengurangi jatuhnya korban jiwa pada saat kecelakaan kapal.

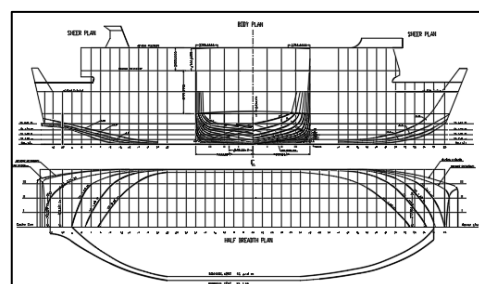
2. METODE

2.1. Obyek Penelitian

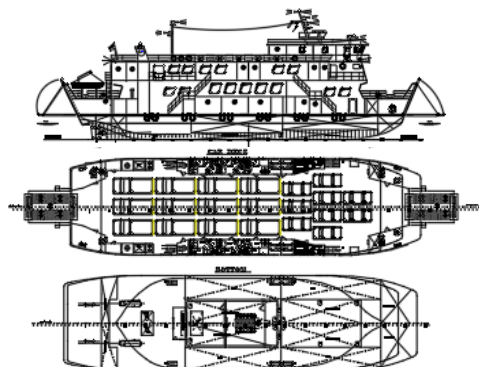
Objek yang digunakan dalam penelitian ini adalah 3 kapal *sodropax* (*small open deck ro-ro passanger*) milik PT. ASDP Indonesian Ferry (Persero) yang masing-masing memiliki ukuran 500, 600, dan 750 GT. Adapun ukuran utama masing-masing kapal dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ukuran Utama Kapal

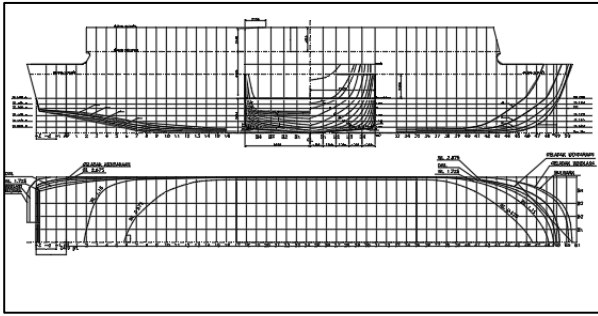
Item	500 GT	600 GT	750 GT
<i>Length Over All (LOA)</i>	45,50 m	55,10 m	56,02 m
<i>Length Perpendicular (Lpp)</i>	40,15 m	48,70 m	48,82 m
<i>Breadth (B)</i>	12,00 m	13,00 m	14,00 m
<i>Depth (H)</i>	3,20 m	3,45 m	3,80 m
<i>Draft (T)</i>	2,15 m	2,45 m	2,70 m
<i>Speed</i>	12 knots	12 knots	11 knots
<i>Crew</i>	20 person	24 person	22 person
<i>Passenger</i>	184 person	200 person	196 person
<i>Capacity</i>	12 truck	15 truck	15 truck
	7 sedan	6 sedan	10 sedan



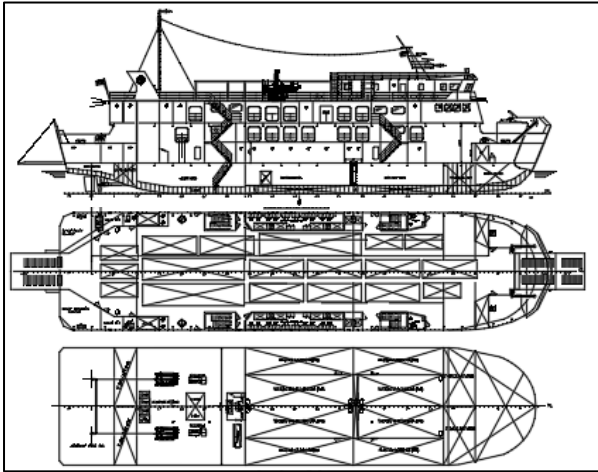
Gambar 1. Rencana garis Ro-pax 500 GT [9]



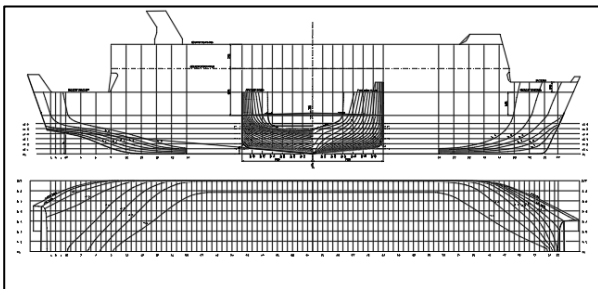
Gambar 2. Rencana umum Ro-pax 500 GT [9]



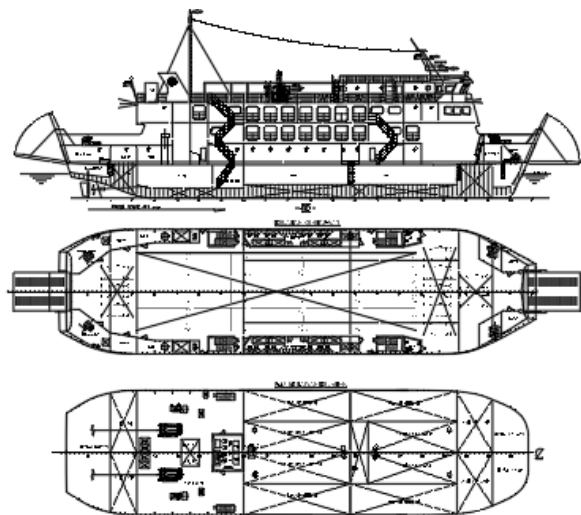
Gambar 3. Rencana garis Ro-pax 600 GT [9]



Gambar 4. Rencana umum Ro-pax 600 GT [9]



Gambar 5. Rencana garis Ro-pax 750 GT [9]



Gambar 6. Rencana umum Ro-pax 750 GT [9]

2.2. Variabel

Penelitian ini bertujuan untuk mencari efek dari perubahan rasio lebar kompartemen samping terhadap nilai *damage stability* pada masing-masing kapal. Maka dari itu, terdapat 2 variabel yang digunakan yaitu:

- 1) Variabel bebas: Rasio lebar kompartemen samping terhadap lebar kapal, antara lain B/3; B/4; B/5; B/6; B/7; B/8; dan tanpa kompartemen samping.
- 2) Variabel terikat: Nilai A (*Attained Subdivision Index*) yang diperoleh dari perhitungan simulasi kebocoran masing-masing model.

2.3. Metode Analisis Damage Stability

Salah satu hal terpenting dalam analisis *damage stability* adalah perhitungan equilibrium pada saat satu atau lebih kompartemen kapal dimasuki oleh air sehingga mengalami perubahan *trim*, *heel*, dan *draft* sampai pada kondisi final. Dua metode perhitungan equilibrium yang sering digunakan pada saat terjadi kebocoran yaitu pendekatan *lost buoyancy method* dan *added weight method*. Untuk mempermudah perhitungan dan menghemat waktu, penelitian ini akan menggunakan metode *lost buoyancy*, dengan asumsi bahwa kompartemen yang bocor tak dianggap bagian dari kapal lagi sehingga tidak berkontribusi terhadap total *buoyancy* kapal dan posisi titik G kapal bocor dianggap tetap. [10][11]

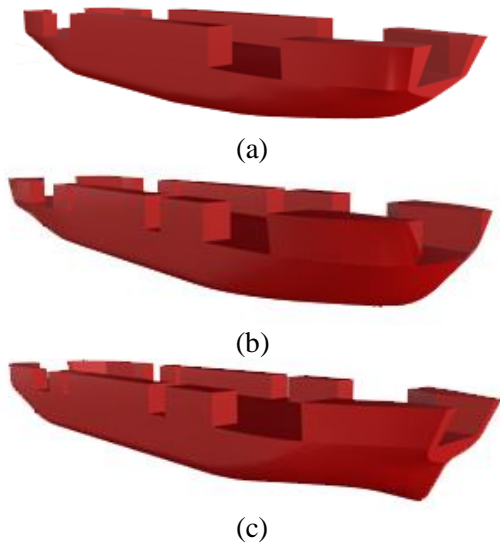
Pada umumnya peraturan mengenai *damage stability* masih menggunakan metode *deterministic damage stability*, namun penggunaannya telah digantikan dengan metode *probabilistic damage stability* yang diperkenalkan oleh Kurt Wendel pada tahun 1960 dan telah diterapkan dalam SOLAS 2009 semenjak 1 Januari 2009. [12][13]

Pendekatan *probabilistic damage stability* merupakan suatu perhitungan yang mencakup seluruh kemungkinan kasus kebocoran sepanjang kapal yang bisa terjadi beserta kemungkinan akibat yang ditimbulkannya. Kemungkinan kebocoran tersebut bisa satu, dua, tiga, atau lebih kompartemen yang saling berdekatan, sedangkan perhitungan *deterministic damage stability* hanya sebatas asumsi kebocoran yang telah ditentukan pada satu atau dua kompartemen bocor. [14]

2.4. Pembuatan Model 3D

Data dan gambar rencana kapal yang telah didapat dari hasil studi lapangan akan digunakan sebagai acuan pembuatan model lambung kapal secara 3 dimensi menggunakan perangkat lunak AutoCAD dan Rhinoceros.

Kapal yang digunakan sebagai objek penelitian merupakan kapal Ro-ro yang memiliki dek kendaraan terbuka (*small open deck ro-ro passenger*). Jenis dek seperti ini tidak disertakan dalam perhitungan stabilitas karena tidak memiliki fungsi *reserve buoyancy* kapal [2]. Maka untuk mendapatkan hasil analisis yang realistis, pembuatan model kapal *sodropax* hanya diperkenankan sebatas dek kendaraan ditambah kompartemen rumah geladak (*side casing*). [15]



Gambar 7. Model 3D kapal (a) 500, (b) 600, dan (c) 750 GT

2.5. Pembuatan Tank Arrangement dan Kondisi Pemuatan (Load Case)

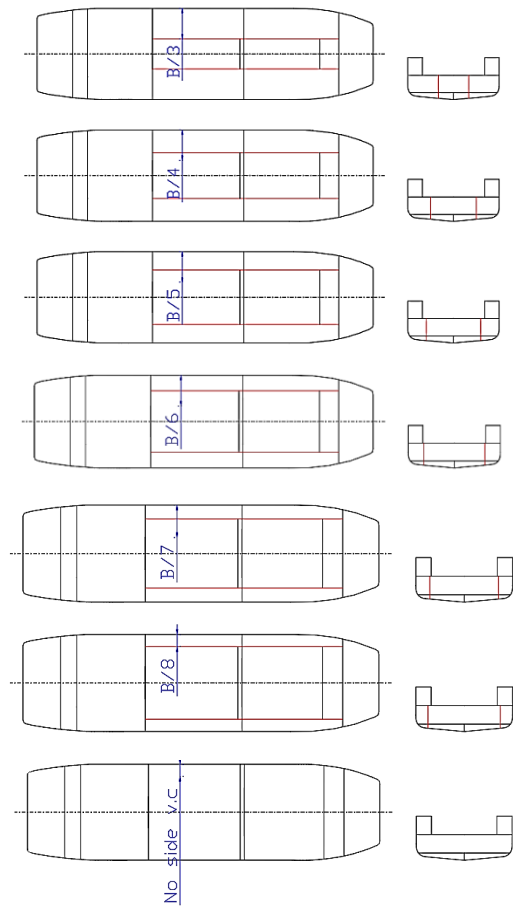
Pembuatan variasi tangki dan kompartemen masing-masing kapal sesuai dengan nilai variabel yang telah ditetapkan, yaitu: B/3; B/4; B/5; B/6; B/7; B/8; dan tanpa kompartemen samping ditunjukkan pada Gambar 8. Penamaan dengan B/x dilakukan untuk memudahkan identifikasi variabel pada saat analisis, hal ini dikarenakan nilai masing-masing variabel berbeda untuk setiap kapal.

Tabel 2. Variasi Lebar Kompartemen Samping

Side compartment width ratio	Width (m)		
	500 GT	600 GT	750 GT
B/8	1,50	1,63	1,75
B/7	1,71	1,86	2,00
B/6	2,00	2,17	2,33
B/5	2,40	2,60	2,80
B/4	3,00	3,25	3,50
B/3	4,00	4,33	7,00

Penambahan satu model kapal tanpa kompartemen samping dimaksudkan untuk melihat

efek perubahan nilai *damage stability* terhadap kapal yang dilakukan variasi.



Gambar 8. Ilustrasi variasi lebar kompartemen samping

Perhitungan *damage stability* dengan metode probabilistik terdiri dari 3 kondisi pemuatan, yakni: *deepest subdivision draught (ds)* yaitu kondisi pada sarat *summer load line*, dan *light service draught (dl)* yaitu kondisi muatan paling rendah yang mampu dicapai sebuah kapal/dalam kasus ini 10% muatan, dan *partial subdivision draught (dp)* yaitu sarat kondisi *light service* ditambah 60% selisih sarat *ds* dan *dl* [16]. Sehingga pembuatan *loadcase* sedemikian rupa dilakukan untuk memenuhi sarat air yang telah disyaratkan tersebut.

2.6. Perencanaan Kebocoran

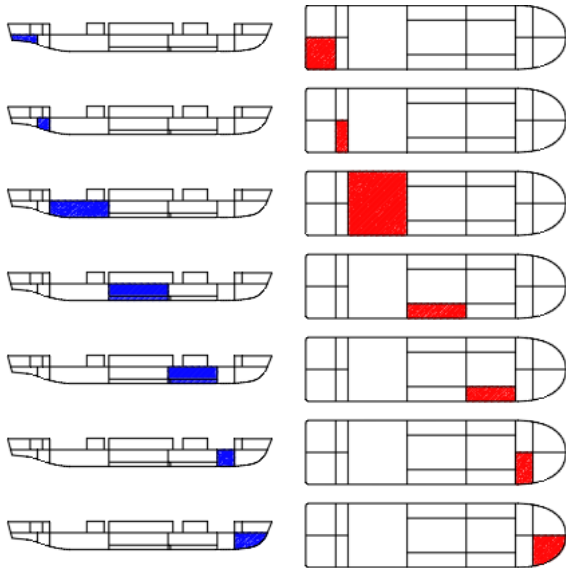
Perencanaan kebocoran ditentukan sesuai dengan panjang kebocoran yang dimiliki masing-masing kapal dan diatur dalam *SOLAS Chapter II-1, Part B-2, tentang Subdivision and Damage Stability, Regulation 9*.

Tabel 3. Aturan Panjang Kebocoran

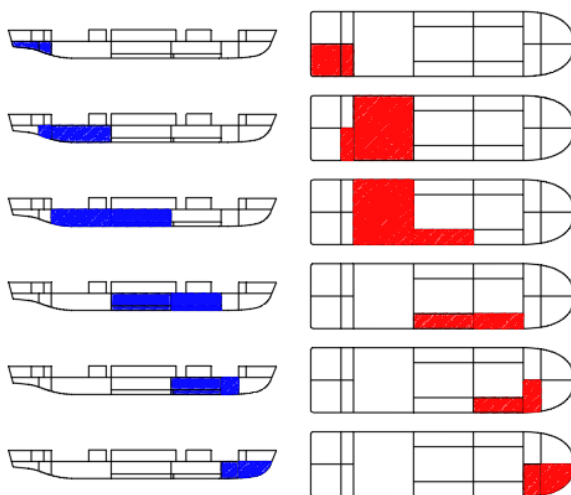
	For 0,3L from the FP of the ship	Any other part of the ship
Longitudinal extent	$1/3L^{2/3}$ or 14,5 m, whichever is less	$1/3L^{2/3}$ or 14,5 m, whichever is less

<i>Transverse extent</i>	<i>B/6 or 10 m, whichever is less</i>	<i>B/6 or 5 m, whichever is less</i>
<i>Vertical extent</i>	<i>B/20 or 2 m, whichever is less</i>	<i>B/20 or 2 m, whichever is less</i>

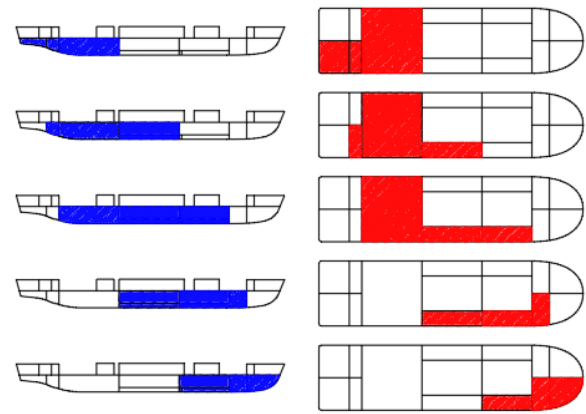
Pada penelitian ini, perhitungan *damage stability* menggunakan kemungkinan dari 1 sampai 4 zona kebocoran yang ditunjukkan pada Gambar 9 sampai 13.



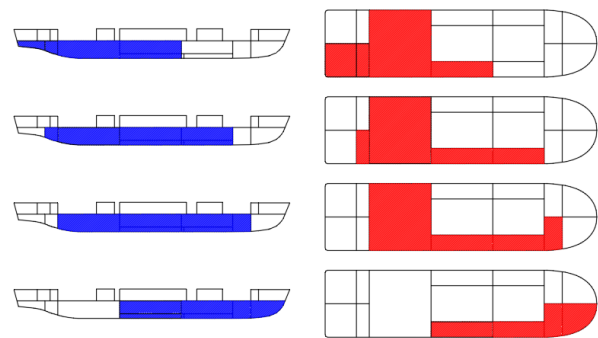
Gambar 9. Simulasi 1 zona kebocoran



Gambar 10. Simulasi 2 zona kebocoran



Gambar 11. Simulasi 3 zona kebocoran



Gambar 12. Simulasi 4 zona kebocoran

2.7. Indeks Subdivisi A dan R

Dalam metode *probabilistic damage stability* dikenal istilah indeks A dan R. Dimana indeks R atau *required subdivision index R* merupakan indeks subdivisi minimum suatu kapal dapat memenuhi kriteria *damage stability*. Sedangkan indeks A atau *attained subdivision index A* merupakan indeks kemungkinan suatu kapal mampu bertahan dari kebocoran.

Dalam *SOLAS Chapter II-1, Part B-1, Regulation 6*, indeks subdivisi R untuk kapal penumpang dirumuskan pada persamaan (1).

$$R = 1 - \frac{5000}{L_s + 2,5N + 15225} \quad (1)$$

Dimana L_s merupakan panjang subdivisi kapal dalam satuan meter, N adalah N_1 ditambah $2N_2$, sedangkan N_1 adalah jumlah orang yang mampu ditampung oleh *lifeboat* dan N_2 adalah jumlah orang (termasuk penumpang dan kru) selain N_1 yang berada di atas kapal tidak termasuk N_1 .

Sedangkan rumus indeks A dirumuskan pada persamaan (2) dan (3).

$$A = \sum p_i \cdot s_i \quad (2)$$

Simbol i menunjukkan kompartemen atau kelompok kompartemen yang berdekatan dan dianggap dapat mengalami kebocoran dan memberikan kontribusi yang signifikan terhadap

nilai A , p_i merupakan hasil perhitungan (nilai) yang menunjukkan probabilitas / kemungkinan bahwa kompartemen yang dipilih (i) akan dapat mengalami kebocoran. sedangkan s_i merupakan Hasil perhitungan (nilai) yang menunjukan probabilitas kemungkinan kapal selamat setelah kompartemen yang dipilih (i) mengalami kebocoran.

$$A = 0,4 \cdot A_s + 0,4 \cdot A_p + 0,2 \cdot A_l \quad (3)$$

Sedangkan nilai total indeks A diperoleh dari penjumlahan indeks parsial A_s , A_p , dan A_l yang dihitung dari 3 kondisi pemuatan yaitu pada sarat d_s , d_p , dan d_l .

Untuk memenuhi kriteria *damage stability* nilai indeks A harus lebih besar dari indeks R, ditunjukkan dalam persamaan (4).

$$A \geq R \quad (4)$$

Analisis *probabilistic damage stability* memakan waktu yang tidak sedikit dan memerlukan spesifikasi komputer yang tinggi, maka penyederhanaan perlu dilakukan untuk mencapai nilai yang masuk akal sekaligus akurat. Analisis *damage stability* pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak *Maxsurf Stability Enterprise*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan indeks subdivisi R dan A pada masing-masing kapal dan tiap-tiap variasi rasio lebar kompartemen samping ditunjukkan pada Tabel 4 – 6.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Subdivisi A Dan R Pada Kapal 500 GT

	Al	Ap	As	A	R	
No s.c.	0,802	0,468	0,468	0,535	0,683	fail
B/8	0,830	0,587	0,587	0,635	0,683	fail
B/7	0,834	0,600	0,600	0,647	0,683	fail
B/6	0,838	0,617	0,581	0,647	0,683	fail
B/5	0,869	0,741	0,468	0,657	0,683	fail
B/4	0,867	0,674	0,468	0,630	0,683	fail
B/3	0,858	0,468	0,468	0,546	0,683	fail

Tabel 5. Hasil Perhitungan Subdivisi A Dan R Pada Kapal 600 GT

	Al	Ap	As	A	R	
No s.c.	0,771	0,616	0,460	0,584	0,684	fail

B/8	0,828	0,717	0,540	0,668	0,684	fail
B/7	0,834	0,728	0,554	0,680	0,684	fail
B/6	0,843	0,683	0,571	0,670	0,684	fail
B/5	0,896	0,736	0,693	0,751	0,684	pass
B/4	0,883	0,771	0,495	0,683	0,684	fail
B/3	0,814	0,736	0,417	0,624	0,684	fail

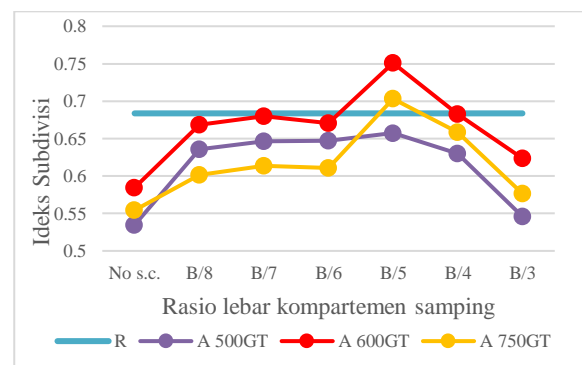
Tabel 6. Hasil perhitungan subdivisi A dan R pada kapal 750 GT

	Al	Ap	As	A	R	
No s.c.	0,784	0,577	0,417	0,554	0,687	fail
B/8	0,829	0,633	0,455	0,601	0,687	fail
B/7	0,833	0,640	0,478	0,614	0,687	fail
B/6	0,837	0,647	0,461	0,610	0,687	fail
B/5	0,867	0,699	0,625	0,703	0,687	pass
B/4	0,856	0,642	0,577	0,658	0,687	fail
B/3	0,801	0,624	0,417	0,577	0,687	fail

Untuk memenuhi kriteria SOLAS, indeks subdivisi A harus lebih besar dari indeks subdivisi R, dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai indeks A terbesar dicapai pada variasi rasio lebar kompartemen samping yang sama, yaitu B/5 untuk semua kapal. Pada kapal 500 GT, variasi rasio lebar belum mampu memenuhi kriteria SOLAS. Sedangkan untuk kapal 600 dan 750 GT, perubahan rasio lebar kompartemen samping B/5 sudah memenuhi kriteria *damage stability* dari SOLAS.

Dari analisis tersebut, rata-rata peningkatan indeks A dari sebelum dan sesudah kompartemen samping dirubah menjadi rasio B/5 adalah sebesar 7%. Sedangkan nilai peningkatan indeks A dari kapal tanpa kompartemen samping dirubah ditambahkan kompartemen samping dengan rasio B/5 adalah sebesar 14,2 %.

Hal ini sejalan teori pendahulu bahwa menambah dan memvariasikan lebar *wing tank* (dalam kasus ini kompartemen samping) dapat menambah nilai indeks subdivisi A suatu kapal secara signifikan. [7]



Gambar 13. Grafik perbandingan indeks A dan R

Pada variasi B/3 ke B/5 nilai indeks A naik secara signifikan, lalu turun pada rasio B/6; B/7; B/8; seterusnya. Nilai indeks A paling buruk dimiliki oleh kapal yang tak memiliki kompartemen samping. Pertambahan nilai indeks subdivisi A ditentukan oleh besarnya volume kompartemen samping yang mengalami kebocoran. Nilai indeks subdivisi A cenderung sama saat letak sekat memanjang kompartemen samping semakin mendekati kulit lambung kapal, hal ini dapat dilihat pada rasio lebar B/8 sampai B/6. Sedangkan semakin besar volume kebocoran/semakin lebar kompartemen samping maka akan menurunkan nilai indeks subdivisi A, fenomena ini ditunjukkan pada rasio lebar B/5 sampai B/3. Hal ini sesuai dengan penelitian [17]. Maka nilai optimal untuk mendapatkan indeks subdivisi A yang paling tinggi yaitu pada rasio lebar kompartemen samping B/5.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa memvariasikan lebar kompartemen samping mampu meningkatkan indeks subdivisi A sebesar 7% pada rasio lebar kompartemen samping B/5 jika dibandingkan dengan nilai aslinya (B/4). Selain itu penambahan kompartemen samping pada kapal tanpa kompartemen samping mampu meningkatkan indeks subdivisi A sebesar 14,2%.

Nilai indeks subdivisi A tertinggi dicapai pada variasi rasio lebar B/5. Namun salah satu kapal masih belum mampu memenuhi kriteria *SOLAS Chapter II-1 Part B tentang Subdivision and Stability*. Hal ini seharusnya dapat diatasi dengan beberapa cara antara lain: 1) Menutup geladak kendaraan sehingga kedap air dan menambah besar volume apungnya, konsekuensinya ukuran GT kapal akan bertambah; 2) Memvariasikan jumlah dan ukuran penyekatan kapal, baik melintang, memanjang, maupun vertikal untuk memperkecil kemungkinan kompartemen di kapal mengalami kebocoran. Studi lebih lanjut dibutuhkan untuk membuktikan kemungkinan yang ada dalam rangka meningkatkan standar keselamatan kapal Ro-Ro di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kemhub, *Statistik Perhubungan Jilid 1*. Jakarta: Sekretariat Jenderal - Pustikomhub, 2016.
- [2] S. Anggoro, "Analysis of the Intact Stability of Indonesian Small Open-deck Roll-on / Roll-off Passenger Ferries," Master Thesis, The University of New South Wales, 2008.
- [3] Komite Nasional Keselamatan Transportasi, *Capaian Kinerja Investigasi Keselamatan Tahun 2017*. Jakarta: Departemen Perhubungan, 2017.
- [4] M. Zaky, "Improvisasi Desain untuk Meningkatkan Karakteristik Damage Stability Kapal Penumpang Feri Ro-Ro," *J. Tek. BKI*, pp. 27–35, 2017.
- [5] M. Zaky, "Analisa Keselamatan Kapal Feri Ro-Ro Ditinjau Dari Damage Stability," *ITS - Master Theses*, 2012.
- [6] Hasanudin, I. K. A. P. Utama, and J.-H. Chen, "Application Side Casing on Open Deck RoRo to Improve Ship Stability," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 135, no. 1, pp. 1–8, 2018.
- [7] V. Slapničar and I. Grubišić, "Relation Between Subdivision and Safety Ro-Ro Ships," *Univ. Zagreb. Fac. Mech. Eng. Nav. Archit.*, 2000.
- [8] R. Tagg, "Comparison of survivability between SOLAS 90 / 95 and SOLAS 2009 ships - A retrospective view 10 years on from project HARDER," in *Proceedings of the 14th International Ship Stability Workshop Comparison*, 2014, pp. 1–6.
- [9] PT. ASDP Indonesia Ferry, "Kapal." [Online]. Available: <https://www.indonesiaferry.co.id/kapal>.
- [10] Soumya Chakraborty, "Ship Stability: Damaged Stability of Ships," 2017. [Online]. Available: <https://www.marineinsight.com/naval-architecture/ship-stability-damaged-stability-ships/>. [Accessed: 18-Sep-2018].
- [11] E. C. Tupper, *Introduction to Naval Architecture 4th Edition*, 4th ed. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004.
- [12] K. Wendel, "Subdivision of Ships," in *Proceedings of the 1968 Diamond Jubilee Int. Meeting – 75th Anniversary SNAME*, 1968, pp. 1–27.
- [13] A. Papanikolaou, *Ship Design: Methodologies of Preliminary Design*. Athena: Springer, 2014.
- [14] E. Boulougouris, "Introduction to Regulatory Framework for Damage Stability," *TrainMoS II*, 2015. [Online]. Available: <https://www.onthemosway.eu/wp-content/uploads/2015/06/Intro-to-stability-regulations.pdf>. [Accessed: 18-Sep-2018].
- [15] E. S. Ravn, "Probabilistic Damage Stability of Ro-Ro Ships," *Technical University of Denmark*, 2003.
- [16] International Maritime Organization, *SOLAS Consolidated Edition 2014*, 6th ed. London:

- International Maritime Organization, 2004.
- [17] O. M. Djupvik, “*Probabilistic Damage Stability: Maximizing the Attained Index by Analyzing the Effects of Changes in the Arrangement for Offshore Vessels*,” Master Thesis, Norwegian University of Science and Technology, 2005.