

## ANALISIS INSUBMERSIBILITAS KAPAL RAKYAT: TINJAUAN KASUS PADA KM. SAFIRA

A. M. A. Daeng Parany<sup>1</sup>, R. H. Siahainenia<sup>2</sup>, dan D. R. Lekatompessy<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: [alivino1927@gmail.com](mailto:alivino1927@gmail.com)

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: [ekoadvml@gmail.com](mailto:ekoadvml@gmail.com)

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: [de.lekatompessy@gmail.com](mailto:de.lekatompessy@gmail.com)

**Abstrak.** Ruang dalam lambung kapal KM. Safira tidak memiliki Sekat Kedap Air (SKA) melintang. Apabila kapal ini mengalami kebocoran maka kapal akan tenggelam akibat air yang masuk akan menggenangi seluruh lambung dan menambah berat kapal dan mendesak keluar udara sebagai sumber daya apung. Kondisi ini menyebabkan kapal kehilangan insubmersibilitas, kemampuan bertahan pada permukaan air ketika satu atau beberapa kompartemen bocor dan kemasukan air, sebelum akhirnya tenggelam. Solusi atas permasalahan terhadap KM. Safira, yakni dengan cara menerapkan SKA melintang disepanjang kapal. Penelitian ini bertujuan menentukan letak SKA melintang pada KM. Safira menggunakan metode Krylov. Lengan kebocoran ( $l_i$ ) melibatkan koefisien permeabilitas ( $\mu$ ) yang memenuhi persyaratan ( $l_{\max} < \mu$ ). Perhitungan yang dilakukan untuk memenuhi persyaratan kedudukan SKA antara lain yaitu : menghitung luas penampang melintang, menghitung Bonjean serta menentukan garis margin, menghitung volume kebocoran ( $v_i$ ), menghitung volume momen statis pada tinggi sarat maksimum, menghitung integra volume, menggambar kurva panjang lengan kebocoran, menghitung koefisien permeabilitas ( $\mu$ ), menentukan SKA melintang. Hasil penelitian menunjukkan ada lima SKA melintang yang harus diaplikasikan pada KM. Safira, antara lain; SKA 01 = 1.30 m, SKA 02 = 5.49 m, SKA 03 = 11.38 m, SKA 04 = 17.25 m, SKA 05 = 21.94 m diukur dari Fore Perpendicular (FP).

Kata Kunci : *Insubmersibilitas, Sekat Kedap Air, Lengan Kebocoran, Koefisien Permeabilitas*

**Abstract.** Space in the hull of the KM ship. Safira does not have a transverse Watertight Bulkhead (SKA). If this ship experiences a leak, the ship will sink because the incoming water will flood the entire hull and increase the weight of the ship and force out the air as a source of buoyancy. This condition causes the ship to lose insubmersibility, the ability to stay on the surface of the water when one or more compartments leak water, before finally sinking. Solutions to problems with KM. Safira, namely by applying SKA across the length of the ship. This research aims to determine the location of the SKA across the KM. Safira uses the Krylov method. The leakage arm ( $l_i$ ) involves a permeability coefficient ( $\mu$ ) that satisfies the requirement ( $l_{\max} < \mu$ ). Calculations carried out to fulfill the SKA position requirements include: calculating the cross-sectional area, calculating the Bonjean and determining the margin line, calculating the leak volume ( $v_i$ ), calculating the static moment volume at maximum draft height, calculating the volume integra, drawing the leak arm length curve, calculate the permeability coefficient ( $\mu$ ), determine the transverse SKA. The research results show that there are five transverse SKA that must be applied to KM. Safira, among others; SKA 01 = 1.30 m, SKA 02 = 5.49 m, SKA 03 = 11.38 m, SKA 04 = 17.25 m, SKA 05 = 21.94 m measured from Fore Perpendicular (FP).

**Keywords:** *Insubmersibility, Watertight Seal, Leak Sleeve, Permeability Coefficient*

## 1. PENDAHULUAN

Kecelakaan berlayar (kapal yang tenggelam) sering terjadi terutama pada kapal rakyat sehingga memakan banyak korban jiwa. Tim Badan SAR provinsi Sulawesi Tenggara, juga menunjukkan bahwa di tahun 2020 telah terjadi 70 peristiwa kecelakaan berlayar, dari jumlah tersebut telah terjadi 40 peristiwa kapal tenggelam [1]. Sedangkan di tahun 2021 telah terjadi 56 peristiwa kapal tenggelam dari 83 peristiwa kecelakaan berlayar [2]. Ini menunjukkan bahwa ada peningkatan 71% peristiwa kapal yang tenggelam, dan kapal yang tenggelam disebabkan karena pecah lambung.

Untuk mengatasi ketika terjadi pecah lambung kapal, maka anak buah kapal (ABK) akan menyumbat lubang pada papan lambung kapal menggunakan kain, dan memompa airbocor keluar kapal. Namun upaya yang dilakukan oleh ABK tidak pernah berhasil, akhirnya air bocor akan menggenangi seluruh lambung kapal dan mengakibatkan kapal menjadi tenggelam [3].

Sekat kedap air (SKA) adalah sebuah sekat pada lambung kapal. SKA sangat penting untuk kelangsungan hidup kapal jika terjadi kerusakan lambung [4]. SKA berguna untuk menghindari masuknya air ke dalam kompartemen jika kompartemen yang berdekatan tergenang air akibat kerusakan pada lambung kapal. Jumlah minimum SKA tergantung pada panjang kapal [5].

Kapal Motor Safira (KM. Safira) merupakan salah satu kapal rakyat bertipe kapal penumpang yang dibuat dari bahan dasar kayu, kapal ini beroperasi di wilayah provinsi Sulawesi Tenggara dengan rute pelayaran Bau-Bau – Tomia. Kapal tersebut dibangun secara tradisional mengikuti pengalaman membangun kapal secara turun-temurun. Pembuatan KM. Safira juga masih memiliki kelemahan konstruksi lambung serta badan kapal yakni tidak dilengkapi dengan sekat-sekat kedap air melintang sehingga kapal tidak memiliki kemampuan untuk bertahan pada permukaan air (Insubmersibilitas) jika terjadi kebocoran yang tidak teratasi. Kelemahan konstruktif ini menyebabkan KM. Safira kurang memiliki jaminan kelaiklautan dalam pengoperasiannya.

Upaya untuk mengatasi masalah tenggelamnya kapal-kapal rakyat, dalam hal ini KM. Safira adalah dengan menerapkan penggunaan SKA melintang, yang membagi ruang dalam lambung kapal atas beberapa kompartemen kedap air. Kompartemen-kompartemen ini akan berfungsi membendung air bocor hanya pada kompartemen yang bocor saja. Meskipun satu atau beberapa ruang dalam lambung kapal telah kemasukan air,

akan tetapi kompartemen lain masih tetap berisi udara yang merupakan sumber utama daya apung kapal. Kapal masih tetap memiliki kemampuan untuk dapat bertahan pada permukaan air.

## 2. BAHAN DAN METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah tipe Deskriptif, yaitu membuat gambaran mengenai situasi atau kejadian guna mengakumulasi data dasar yang ada.

### 2.1. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan antara lain:

- Mengumpulkan data berupa gambar rencana umum dan peraturan konstruksi kapal kayu BKI dan informasi terkait penelitian.
- Menghitung dan menggambar kurva luas penampang melintang kapal.
- Menghitung dan menggambar kurva integral luas penampang melintang.
- Menentukan panjang sekat kedap air melintang dan membuat kurva panjang ketidak tenggelaman.
- Hasil analisis akan dituangkan dalam kesimpulan akhir penelitian.

### 2.2. Analisis Data

Untuk menganalisis letak dan jarak Sekat Kedap Air (SKA) melintang satu dengan lainnya, digunakan kurva panjang lengan kebocoran dengan melibatkan permeabilitas ( $\mu$ ) sebagai kurva batas kebocoran, yang dibandingkan dengan panjang isian maksimum SKA ( $\ell_{max}$ ). Jika  $\ell_{max} \leq \mu$ , maka jarak dan letak SKA berada pada kondisi aman, sehingga jika terjadi air bocor memenuhi seluruh kompartemen tersebut, kapal masih dapat terapung dan sebaliknya [6].

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

KM. Safira sebagai kapal objek penelitian untuk mendesain SKA melintang. Adapun data KM. Safira yang berkaitan langsung dengan penelitian ini adalah ukuran pokok kapal dan ordinat setengah lebar.

Tabel 1. Ukuran pokok kapal dan koefisien bentuk KM. Safira

Nama	Ukuran	Satuan
Panjang seluruh (LOA)	30.3	m
Panjang garis air (LWL)	24.84	m
Panjang antara garis air (LBP)	23.4	m
Lebar terbesar (B)	6.9	m
Tinggi geladak (H)	2	m
Tinggi sarat (T)	1.5	m
Kecepatan dinas (Vs)	10	Knot
Displasemen volume (V)	181.64	m <sup>3</sup>
Displasemen berat (Δ)	201.30	Ton/m <sup>3</sup>
Berat kotor (Gt)	112	Ton
Awak kapal (Abk)	11	Orang
Penumpang	135	Orang
Daya mesin	420	Kw
Koefisien blok (Cb)	0.75	
Koefisien gading tengah (Cm)	0.98	
Koefisien garis air (Cw)	0.84	
Koefisien prismatic (Cph)	0.77	
Koefisien prismatic tegak (Cpv)	0.89	

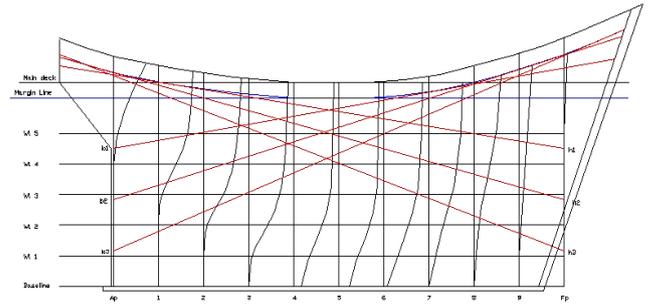
Tabel 2. Ordinat setengah lebar KM. Safira

No. Gd/WI	0 (m)	0,5 (m)	1 (m)	2 (m)	3 (m)	4 (m)	5 (m)	Main deck (m)
Ap							2.21	3.21
1					1.7	2.58	2.97	3.3
2				1.93	3.62	2.98	3.23	3.4
3			1.86	2.84	3.11	3.28	3.39	3.46
4	0.13	2.05	2.83	3.23	3.36	3.43	3.46	3.47
5	0.13	2.45	2.95	3.28	3.41	3.45	3.46	3.47
6	0.13	1.27	2.44	2.93	3.17	3.29	3.34	3.41
7	0.13	0.54	1.28	2.1	2.5	2.75	2.91	3.13
8	0.13	0.24	0.39	0.84	1.48	1.96	2.27	2.65
9	0.13	0.14	0.18	0.31	0.51	0.74	1	1.52
Fp	0.13						0.17	0.34

#### 4.1 Menghitung volume kebocoran pada setiap kondisi Trim.

- Garis 1 =  $1/3 \times t$   
=  $1/3 \times 1.5$   
= 0.5 m
- Garis 2 =  $2/3 \times t$   
=  $2/3 \times t$   
= 1 m
- Garis 3 =  $3/3 \times t$   
=  $3/3 \times 1.5$   
= 1.5 m

Besar nilai yang telah dihitung merupakan kondisi kapal saat terjadi *Trim*, berlaku untuk masing-masing garis dibagian haluan kapal (H) dan juga dibagian buritan kapal (B).



Gambar 1. Garis Trim pada kurva bonjean

#### 3.1. Menghitung integral volume

Menghitung Integral Volume adalah untuk menentukan besar lengan kebocoran dari jarak volume air bocor ( $v_i$ ) ke *Midship* ( $x_i$ ) yang memotong lengkungan integral [6].

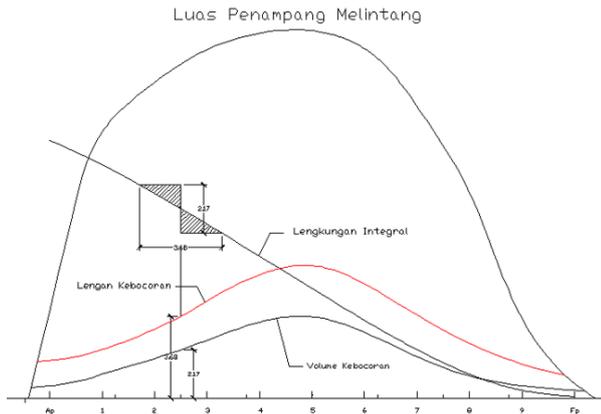
Tabel 3. Perhitungan Integral Volume

No. Gad	$\omega_m$	Jumlah Integral	Vol=(3).ΔL/2
(1)	(2)	(3)	(4)
Fp	0.16	0.16	0.1872
9	0.68	1	1.17
8	1.39	3.07	3.5919
7	1.75	6.21	7.2657
6	2.01	9.97	11.6649
5	2.08	14.06	16.4502
4	2.07	18.21	21.3057
3	2.02	22.3	26.091
2	1.92	26.24	30.7008
1	1.78	29.94	35.0298
Ap	1.32	33.04	38.6568

Besar nilai dalam Tabel merupakan nilai yang ditentukan dari jumlah keseluruhan pada setiap garis kondisi *Trim* sampai garis batas aman (*Margin line*) [3].

#### 3.2. Menggambar kurva panjang lengan kebocoran

Lengan kebocoran digambarkan dalam bentuk kurva yang bertujuan untuk menentukan letak setiap Sekat Kedap Air melintang (SKA). Kurva yang digambarkan mempunyai Permeabilitas ( $\mu$ ) = 1, artinya volume air yang masuk sama dengan volume ruangan [6].



Gambar 2. Kurva panjang lengan kebocoran

Menggambarkan kurva panjang lengan kebocoran, dari jarak ( $x_i$ ) yang didapat akan ditarik garis tegak lurus yang memotong lengkungan integral volume agar dapat ditentukan besar lengan kebocoran ( $l_i$ ). Setelah jarak ( $x_i$ ) memotong lengkungan integral, ditarik garis lurus horizontal pada ujung atas dan ujung bawah garis ( $x_i$ ) hingga menyentuh lengkungan integral. Luas area yang didapatkan harus berbanding sama antara luas area bawah dan luas area atas, kemudian diukur jarak ( $l_i$ ) pada setiap luas area akan digambar kurva panjang lengan kebocoran.

**3.3. Menghitung koefisien permeabilitas**

Koefisien permeabilitas merupakan batas maksimum suatu kompartemen kebocoran pada masing-masing ruang dalam lambung kapal yang dihitung berdasarkan jumlah volume benda yang tidak tertembus air dan volume ruang.

Tabel 4. Perhitungan koefisien permeabilitas

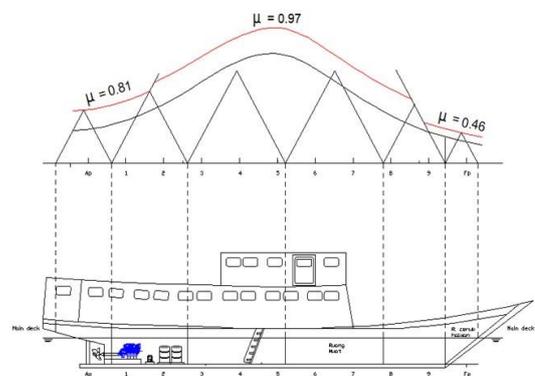
Ruangan	Volume Ruangan (m <sup>3</sup> )	Volume Benda (m <sup>3</sup> )	Volume Air (m <sup>3</sup> )	$\mu$
Mesin	24.37	4.58	19.79	0.81
Muat	92.69	3.22	89.47	0.97
C. Haluan	4.22	2.26	1.96	0.46

Tabel 4. Menunjukkan bahwa kapasitas air bocor yang masuk di dalam ruang mesin sebesar  $\mu=0.81$  adalah 81%, pada ruang muat kapasitas air bocor yang masuk sebesar  $\mu=0.97$  adalah 97%, sedangkan pada ruang ceruk haluan kapasitas air bocor yang masuk sebesar  $\mu=0.46$  adalah 46%. Ini menunjukkan bahwa air bocor yang masuk dengan jumlah besar dalam lambung kapal terdapat pada bagian ruang muat. Selanjutnya menggambar kurva panjang lengan kebocoran melibatkan koefisien permeabilitas yang telah dihitung berdasarkan jumlah total volume benda taktembus air pada masing-masing ruang dalam lambung kapal.

**3.4. Menentukan letak SKA melintang**

Menentukan letak SKA dimulai dari penentuan letak sekat tubrukan adalah sekat paling depan dalam sebuah kapal, menentukan posisi sekat tubrukan dengan mempertimbangkan beberapa faktor yang tercantum, antara lain:

1. Posisi SKA berdasarkan kalkulasi panjang lengan kebocoran.
2. Posisi berdasarkan aturan SOLAS, yang menyatakan bahwa sekat tubrukan harus di belakang garis regak lurus (LWL) dengan jarak tidak kurang dari 5% panjang kapal dan jaraknya tidak boleh melebihi 8% dari panjang kapal.
3. Peraturan BKI 2016, Bab 11 Sekat Kedap Air, 11-1/10. yaitu 0.05 – 0.08 L pada ruang ceruk haluan [7].



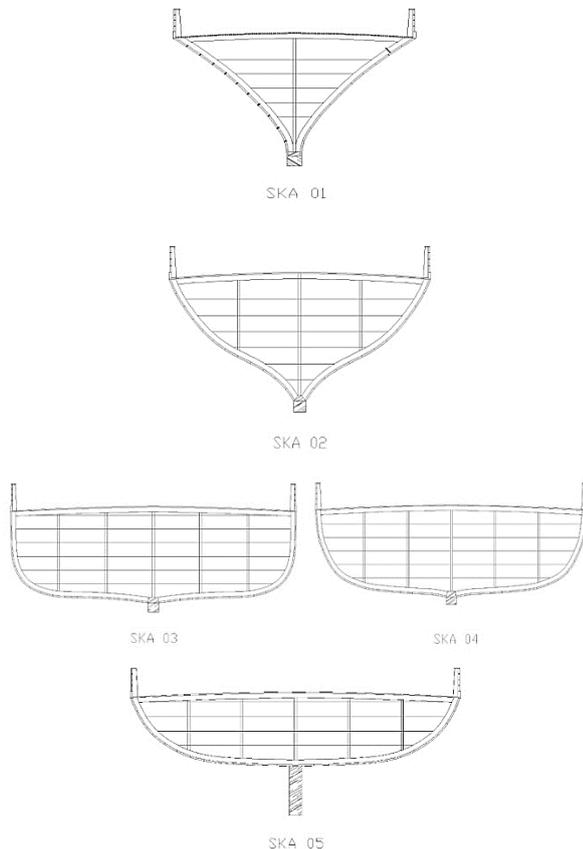
Gambar 3. Panjang isian maksimum ( $l_{max}$ ) yang dibatasi dengan kurva panjang kebocoran melibatkan koefisien permeabilitas ( $\mu$ )

Menentukan letak Sekat Kedap Air (SKA) harus berdasarkan perhitungan panjang lengan kebocoran, adapun pertimbangan lain untuk menentukan SKA yaitu konstruksi kapal. SKA bukan hanya sebagai salah satu konstruksi untuk menahan air bocor, akan tetapi juga sebagai penumpu melintang terhadap geladak kapal. Sehingga untuk menentukan letak/kedudukan SKA sedapat-dapatnya mampu menahan air bocor sehingga kapal tetap berada pada permukaan air (Insubmersibilitas) ketika satu atau beberapa kompartemen mengalami kebocoran, dan mampu untuk menahan momen berat pada geladak akibat berat penumpang serta muatan.

Sesuai pertimbangan yang telah dijelaskan maka ditentukan dua SKA pada ruang muat dengan tidak melewati kurva panjang lengan kebocoran yang melibatkan koefisien permeabilitas sebagai batas kebocoran/batas aman. Penentuan letak SKA pada masing-masing ruang menunjukkan bahwa syarat penentuan SKA ( $l_i \leq \mu$ ) terpenuhi.

### 3.5. Bentuk penampang SKA melintang pada KM. Safira

Dari hasil perhitungan panjang lengan kebocoran, telah ditentukan ada lima SKA yang memenuhi syarat penentuan SKA antara lain sekat tubrukan, sekat ruang muat satu, sekat ruang muat dua, sekat depan kamar mesin, dan sekat belakang kamar mesin.



Gambar 4. (a) Sekat tubrukan (SKA 01);(b) Sekat ruang muat 1 (SKA02); (c) Sekat ruang muat 2 (SKA03); (d) Sekat depan kamar mesin (SKA04); (e) Sekat belakang kamar mesin (SKA05)

## 4. KESIMPULAN

Hasil akhir yang didapatkan untuk menentukan letak/kedudukan setiap Sekat Kedap Air (SKA) melintang pada KM. Safira agar kapal mempunyai kemampuan untuk tetap bertahan di permukaan air (insubmersibilitas) dengan jarak pada masing-masing (SKA) dihitung dari FP (*Fore Perpendicular*) adalah sebagai berikut :

- SKA 01 = 1.30 m
- SKA 02 = 5.49 m
- SKA 03 = 11.38 m
- SKA 04 = 17.25 m
- SKA 05 = 21.94 m

## UCAPAN TERIMA KASIH

Kiranya penelitian ini memberi manfaat yang besar bagi pengembangan ilmu pengetahuan

dibidang perkapalan tradisional. Ucapan terima kasih disampaikan kepada keluarga tercinta, para guru, Rektor Unpatti, Dekan dan para dosen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Unpatti, serta teman-teman semuanya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] ‘Ada 40 Kecelakaan Kapal Laut di Sultra Sepanjang 2020’, *ZonaSultra*, Dec. 31, 2020. Accessed: Oct. 27, 2023. [Online]. Available: <https://zonasultra.id/ada-40-kecelakaan-kapal-laut-di-sultra-sepanjang-2020.html>
- [2] ‘Tahun 2021 Total 56 Kecelakaan Kapal Terjadi di Sultra : 17 Orang Tewas, Perairan Buton Terbanyak’, *Lajur.Co*, Dec. 30, 2021. Accessed: Oct. 27, 2023. [Online]. Available: <https://www.lajur.co/tahun-2021-total-56-kecelakaan-kapal-terjadi-di-sultra-17-orang-tewas-perairan-buton-terbanyak/>
- [3] R. H. Siahainenia, ‘Desain Teknologi Anti Tenggelam Pada kapal Rakyat’. Fakultas Teknik Unpatti Ambon, 2018.
- [4] B. Bhattacharya, R. Basu, and S. Srinivasan, ‘A Probabilistic Model of Flooding Loads on Transverse Watertight Bulkheads in the Event of Hull Damage’, *Journal of Ship Research*, vol. 49, no. 01, pp. 12–23, Mar. 2005, doi: 10.5957/jsr.2005.49.1.12.
- [5] I. Senjanović, S. Tomašević, S. Rudan, and T. Senjanović, ‘Role of transverse bulkheads in hull stiffness of large container ships’, *Engineering Structures*, vol. 30, no. 9, pp. 2492–2509, Sep. 2008, doi: 10.1016/j.engstruct.2008.01.016.
- [6] Semyonov, *Static And Dinamic Of The Ship*. Moscow: Peace Publishers Moscow, 1960.
- [7] Biro Klasifikasi Indonesia, ‘Pedoman Lambung Edisi 2016’. BKI, 2016.