

Analisa pengaruh Beban Terhadap Stabilitas Statis Kapal Patroli 28 Meter Untuk Pengawasan Perairan di Kepulauan Riau

Hendra Saputra, Nidia Yuniarsih, dan Desrial Rianto

Program Studi Teknik Perencanaan dan Konstruksi Kapal, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri
Batam

Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia

E-mail: hendrasaputra@polibatam.ac.id

Abstrak

Stabilitas adalah kemampuan sebuah kapal untuk kembali tegak semula setelah miring yang disebabkan pengaruh gaya dari aktivitas di kapal, baik yang datang dari luar maupun dari dalam kapal. Peraturan keselamatan internasional, yang telah ditetapkan pada bulan November 1993. Komisi keselamatan maritime dari IMO (International Maritime Organization) sedang mengembangkan persyaratan untuk diterima oleh para pihak menandatangani Konvensi Internasional untuk keselamatan jiwa di laut SOLAS 1974 (Safety Of Life At Sea 1974), dimana dipenuhi ISM Code menjadi keharusan[1]. Kapal patroli 28 meter ini merupakan kapal cepat yang digunakan untuk melakukan pengawasan dan keamanan di wilayah perairan Kepulauan Riau, sehingga faktor teknis seperti stabilitas dan titik berat kapal menjadi penting untuk diperhatikan agar dapat meminimalisir terjadinya kecelakaan dilaut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh beban terhadap stabilitas statis pada kapal patroli 28 meter. Metode yang dilakukan adalah melakukan proses inclining test. Dan hasil yang didapat adalah tinggi metacenter dan nilai GZ kapal patroli 28 meter. Dari hasil analisa dan pembahasan didapatkan bahwa tinggi metacenter sudah memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh BKI dan IMO, untuk nilai GZ kapal ini telah memenuhi standar yang ditetapkan oleh IMO.

Kata Kunci: Stabilitas Statis, Kapal Patroli 28 Meter, Peraturan Keselamatan Internasional, Inclining Test, IMO, BKI

Abstract

Stability is the ability of a vessel to return to a previous position. Positive stability would then be to return to upright and negative stability would be to overturn. The Maritime Safety Commission of the IMO (International Maritime Organization) develops a requirements for acceptance by parties of the International SOLAS Convention for the Safety of Life At Sea 1974 (SOLAS 1974), where ISM Code is compliant [1]. This paper aims to determine the effect of load on ship static stability on 28 meter patrol boat. The 28 meter patrol boat is a fast surveillance vessels for Kepulauan Riau region. Technically, the ship stability is one of the important factor to take note in order to minimize the occurrence of accidents. Methodology used in this paper by applying inclining test to the ship. Height of metacenter and righting arms (GZ) are obtained from the test and shows that the both metacenter and GZ was passed the requirement of Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) and IMO regulation.

Keywords : Static Stability, Patrol Boat 28 Meter, International Safety Regulations, Inclining Test, IMO, BKI

1. Pendahuluan

Aplikasi ISM (International Safety Management) code diberlakukan untuk semua kapal, tetapi dalam pelaksanaannya masih banyak terjadi kecelakaan pelayaran, dan sesuai informasi dari Komite Nasional Keselamatan Transsportasi (KNKT), edisi database KNKT 30 November 2016 adalah sebagai berikut [2] :

- a. Tahun 2014 terdapat 7 kasus yang terdiri dari 2 kasus kapal tenggelam, 3 kasus kapal terbakar, 2 kasus kapal tubrukan, selain itu sebanyak 22 orang meninggal, dan 4 orang luka-luka.
- b. Tahun 2015 meningkat sebanyak 11 kasus, yang terdiri dari 3 kasus kapal tenggelam, 4 kasus kapal terbakar, 3 kasus kapal tubrukan, 1 kasus kapal kandas, selain itu korban jiwa pun meningkat yang terdiri dari, 85 orang meninggal, dan 2 orang luka-luka.
- c. Tahun 2016 terus meningkat menjadi 15 kasus, yang terdiri dari 4 kasus kapal tenggelam, 4 kasus kapal terbakar, 3 kasus kapal tubrukan, 2 kasus kapal kandas, 2 kasus kapal lainnya, selain itu sebanyak 51 orang meninggal, dan 18 orang luka-luka.

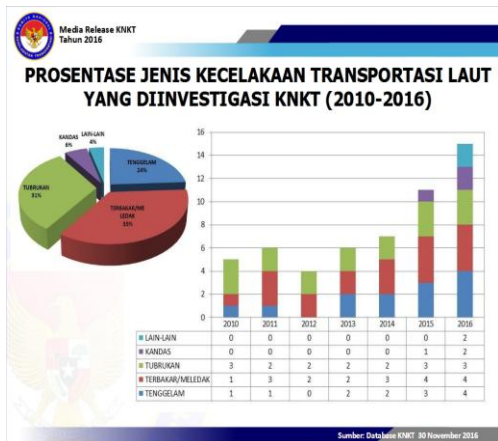


Figure 1: Persentase Kecelakaan Laut [2]

Penyebab utama kecelakaan karena kelebihan muatan yang diangkut melebihi DWT kapal, dan tidak memenuhi aturan layak laut, seperti muatan tidak diikat (di-lashing) yang dapat mempengaruhi stabilitas kapal, dengan alasan jarak pelabuhan tujuan dekat, hanya memerlukan waktu kurang dari satu hari, contoh kecelakaan kapal dari Johor – Batam akibat kelebihan muatan [2].

Keselamatan suatu kapal salah satunya ditentukan oleh stabilitas pada kapal [3], Stabilitas adalah kemampuan kapal untuk kembali ke posisi semula setelah mengalami gaya dari luar maupun dari dalam kapal yang menyebabkan kapal itu miring. Bahwa pada suatu benda yang mengapung diam di permukaan air terdapat dua gaya yang sama besar dan bekerja berlawanan arah pada sumbu vertikal kapal, yaitu gaya berat (center of gravity) dan gaya apung (center of buoyancy) [4].

Ada tiga titik yang memiliki peranan penting dalam stabilitas kapal yaitu:

- Titik berat (*centre of gravity*)
Resultan gaya berat seluruh kapal termasuk semua isi yang berada didalam kapal dan menekan kebawah.
- Titik apung (*centre of buoyancy*)
Titik berat geometris dikapal yang terbenam di air yang menekan ke atas, titik apung bukanlah merupakan titik yang tetap melainkankan berubah-ubah tergantung dari sarat kapal.
- Titik Metacenter
Sebuah titik semu dimana titik G tidak boleh melewati batas diatasnya agar kapal tetap memiliki stabilitas yang positif. Meta artinya berubah-ubah, jadi titik metacenter dapat berubah-ubah tergantung dari kemiringan kapal [5] [6].

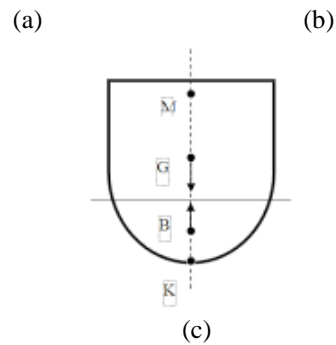
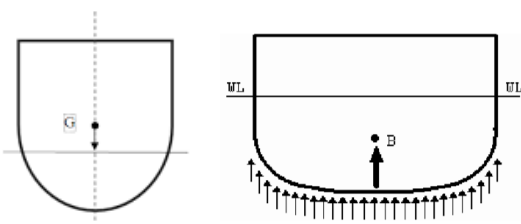


Figure 2. Titik stabilitas kapal (a) Titik berat (*centre of gravity*) (b) Titik apung (*centre of buoyancy*) (c) Titik Metacenter

Kapal patroli adalah kapal cepat yang digunakan untuk pengawasan dan keamanan di wilayah tertentu, sehingga stabilitas kapal ini menjadi aspek penting untuk mendapatkan perhatian agar meminimalisir terjadinya kecelakaan kapal [7].

Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh beban terhadap stabilitas statis kapal patroli 28 meter, untuk mendapatkan gaya-gaya utama yang mempengaruhi stabilitas seperti tinggi metacenter dan nilai GZ kapal tersebut. Stabilitas statis merupakan stabilitas saat kapal dalam keadaan diam.

Penelitian tentang stabilitas ini juga ditujukan untuk mengetahui kondisi kapal dengan berbagai kondisi muatan. Kondisi muatan yang dimaksud seperti jumlah muatan maupun posisi muatan diatas kapal. Dengan begitu ABK dapat memperkirakan berapa beban maksimum dan penempatan muatan yang optimal [8].

Dalam penelitian ini metode yang dilakukan adalah inclining test atau yang sering disebut uji kemiringan kapal merupakan uji stabilitas dalam menyelesaikan pembuatan kapal baru, sehingga didapatkan hasil penelitian tersebut [5]

2. Metodologi Penelitian

1) Ship Particular

Untuk memperlancar penelitian ini dibutuhkan data-data utama kapal sebagai berikut :

TABEL 1
SHIP PARTICULAR

Ship type	Patroli
LOA	28 m
LPP	25.58 m
Breadth	5.85 m
Depth	3.1 m
Draft	1.0 m
Lightship weight	40.23 Ton

2) Metode Pengujian

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode experiment yaitu inclining test, yang mengacu pada rules BKI. Berikut prosedur melakukan inclining test [9] :

a. Persiapan Pengujian.

- Informasi yang diperlukan dalam proses pengujian seperti, tanggal dan waktu pelaksanaan, gambar rencana umum, kapasitas tangki, dan lokasi tanda sarat.
- Kapal harus sudah mendekati penyelesaian akhir, sebelum pengujian kemiringan dilakukan daftar semua barang yang dinaikan kekapal, diturunkan, atau dipindahkan harus dicatat dengan cermat.
- Barang yang mudah bergeser harus terikat ditempatnya.
- Secara umum hanya personil yang bertugas dalam pengujian kemiringan yang diizinkan berada diatas kapal.
- Diusahakan agar semua tangki berada dalam kondisi penuh atau kosong.
- Tali tambat harus bebas tegangan selama pembacaan hasil uji dan tidak boleh adanya momen yang ditimbulkan akibat tali tambat.
- Untuk pengujian kemiringan sebaiknya menggunakan beban uji benda padat. Beban uji harus cukup untuk memiringkan kapal paling sedikit 1° dan paling besar 4° pada setiap sisi kapal terhitung dari posisi awal.
- Kemiringan kapal yang diizinkan pada posisi awal tidak melebihi $0,50^\circ$.

b. Pengujian Kemiringan dan Pencatatan.

- Personil yang bertanggung jawab dalam pengujian harus orang ahli dibidangnya dan pengambilan data harus sesuai persetujuan surveyor BKI.
- Sarat air harus diukur menjelang dan setelah pengujian.
- Urutan pemindahan uji dapat dilihat sesuai table 2.2.
- Posisi beban uji harus diberi tanda diatas geladak untuk menjamin pemindahan dilakukan dengan konsisten.

Dalam pemindahan beban uji memiliki prosedur dan tahap-tahap pemindahan beban, Berikut gambar prosedur pemindahan beban uji pada proses inclining test :

TABLE 2
PEMINDAHAN BEBAN [9]

Urutan Pemindahan Beban	Jumlah beban atau kelompok beban	
	Empat	
	Kiri	Kanan
No. 0	2, 4	1, 3
No. 1	4	1, <u>2</u> , 3
No. 2		1, 2, 3, <u>4</u>
No. 3	<u>1</u>	2, 3, 4
No. 4	1, <u>3</u>	2, 4
No. 5	1, <u>2</u> , 3	4
No. 6	1, 2, 3, <u>4</u>	
No. 7	2, 3, 4	<u>1</u>
No. 8	2, 4	1, <u>3</u>

Kiri dan kanan menunjukkan posisi sebelah kiri dan kanan kapal, nomor yang diberi garis bawah menyatakan beban yang terakhir dipindahkan

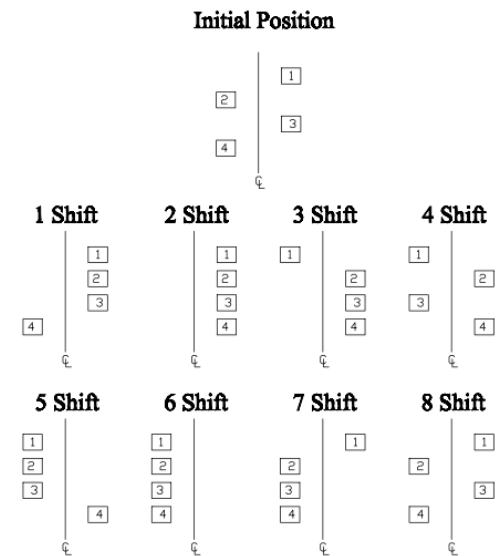
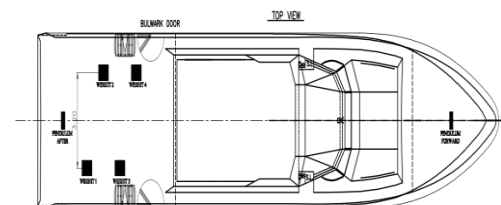


Figure 3: Prosedur Pemindahan Beban

Menurut rules BKI untuk peletakan beban harus diberi tanda untuk menjamin pemindahan dilakukan dengan konsisten, Berikut skema peletakan beban dan pendulum diatas kapal :



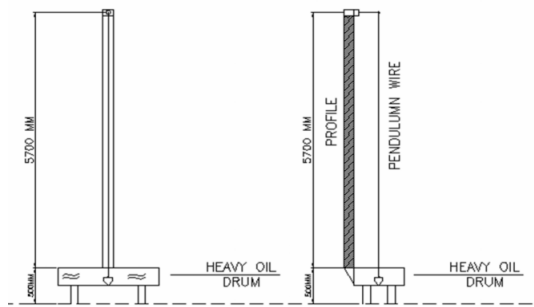


Figure 4: Skema Letak Beban dan Pendulum

1) Perhitungan Tinggi Metacenter (GM_0).

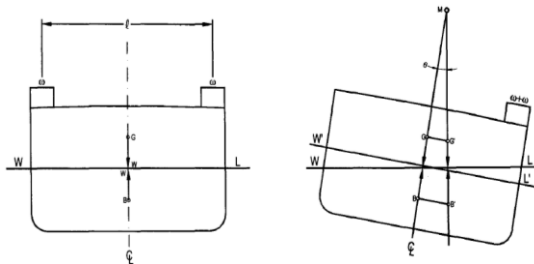


Figure 5: Tinggi Metacenter

Jarak perpindahan titik pusat gravitasi GG' didapatkan akibat adanya pergeseran pada beban uji, dan akan diperoleh rumus sebagai berikut :

$$GG' = \frac{w \times l}{W} \quad (1)$$

$$GG' = GM_0 \times \tan \theta \quad (2)$$

Dari rumus 1 dan 2 dapat diperoleh nilai

$$GM_0 = \frac{w \times l}{W \times \tan \theta} \quad (3)$$

Keterangan :

- GG' : Jarak perpindahan titik pusat gravitasi (m)
- GM_0 : Tinggi metacenter (m)
- W : Displacement kapal (ton)
- l : Jarak perpindahan beban uji (m)
- θ : Sudut kemiringan kapal ($^\circ$)
- w : Berat beban uji (ton)

3. Analisa Data dan Pembahasan

Kapal Patroli 28 meter milik Direktorat Kesatuan Penjagaan laut dan Pantai terdaftar di Class Biro Klasifikasi Indonesia, Oleh karena itu semua aturan dan ketentuan dalam pembangunan kapal ini mengacu kepada rules BKI, termasuk pada saat proses uji kemiringan kapal.

1) Laporan Pengujian Kemiringan Kapal

Bedasarkan ketentuan yang telah ada, sebelum dilakukan pengujian kemiringan kapal ada beberapa informasi yang dibutuhkan guna memperlancar pada saat pengujian berlangsung, Lihat tabel 3.1 Laporan Pengujian Kemiringan Kapal 1.

TABEL 3

LAPORAN PENGUJIAN KEMIRINGAN KAPAL 1

LAPORAN PENGUJIAN KEMIRINGAN KAPAL					
REPORT ON INCLINING TEST					
Type Kapal	Patroli	Pemilik Kapal	Direktorat Kesatuan Penjagaan Laut Dan Pantai		
Material Kapal	Alumunium	Tempat Peluncuran	Batam		
Pelabuhan Pendaftaran	Batam	Jumlah & Tipe Mesin Induk	2 x 1300 HP		
Tempat Pelaksanaan	PT. Batam Expresindo Shipyard				
Jumlah personil yang diizinkan diatas kapal	ABK	0	Principal Dimensions	Panjang (LOA)	28 m
	Lain-lain	7		Lebar	5,85 m
	Jumlah	7		Tinggi	3,10 m

Setelah semua data dan informasi yang dibutuhkan telah tersedia maka proses pengujian selanjutnya dapat dilaksanakan. Dari hasil pengujian kemiringan kapal yang telah dilakukan dengan berat masing-masing beban adalah 1,105 ton maka total berat beban yaitu 4,42 ton. Dan jarak pergeseran beban sejauh 4,2 m. Menurut rules yang telah ditentukan oleh Biro Klasifikasi Indonesia bahwa untuk letak dan

perpindahan beban diberi tanda agar pengukuran dan hasil yang didapatkan konsisten, dan untuk posisi sarat air harus dicatat dengan cermat agar tidak menimbulkan kekeliruan pada saat pembacaan hasil uji.

Laporan pengujian kemiringan dengan 3 kondisi yaitu kondisi kapal penuh termasuk tahanan, kondisi kapal penuh tanpa tahanan, dan kondisi kapal kosong.

TABEL 4
LAPORAN PENGUJIAN KEMIRINGAN KAPAL (KONDISI KAPAL PENUH TERMASUK TAHANAN)

LAPORAN PENGUJIAN KEMIRINGAN KAPAL									
REPORT ON INCLINING TEST									
Kondisi Cuaca		Baik			Arah dan kecepatan angin		0,5 m/det portside ke starboard		
Kondisi Laut		Tenang			Massa jenis Air Laut ρ_w		1,025 ton/m ³		
Sarat di haluan kapal		dr (m)	0,87	Sarat di buritan kapal		da (m)	1,010		
Posisi Sarat haluan terhadap FP		(m)	0,27	Posisi sarat buritan terhadap AP		(m)	0,000		
Sarat di tengah kapal		d (m)	0,92						
Jumlah beban yang dipindahkan		4		Momen akibat pergeseran beban		wy(ton.m)	3,536		
Berat beban yang dipindahkan		w(ton)	1,105	Panjang bandul bagian depan		l ₁ (m)	5,780		
Jarak pergeseran		y (m)	4,2	Panjang bandul bagian belakang		l ₂ (m)	5,740		
No	Berat yang dipindahkan		Depan (Fore)			Belakang (Aft)			
	Untuk 4 beban tetap		Untuk 4 beban tetap			Untuk 4 beban tetap			
	Kiri (port)	Kanan (starboard)	Tan θ	Jarak Simpangan bandul Reading of bob weight	Perbedaan Difference	Tan θ	Jarak simpangan bandul Reading of bob weight	Perbedaan Difference	
1	●●	○○	0	0	0,167	0	0	0,143	
2	●	●○○	2	0,167	0,162	2	0,143	0,152	
3	●	●●○○	3	0,329	0,163	3	0,295	0,150	
4	●	●○○	2	0,166	0,166	2	0,145	0,145	
5	●●	○○	0	0	0,156	0	0	0,150	
6	●●○	○	2	0,156	0,157	2	0,150	0,160	
7	●●○○	○	3	0,313	0,158	3	0,310	0,165	
8	●●○	○	2	0,155	0,155	2	0,145	0,145	
9	●●	○○	0	0		0	0		
Jumlah / Total			14		1,284	14		1,210	
Rata - Rata / Mean			1,5556	S _z	0,16050	1,5556	S _z	0,15125	
Tan θ				S _z / L ₁	0,02776		S _z / L ₂	0,02635	

TABEL 5
LAPORAN PENGUJIAN KEMIRINGAN KAPAL (KONDISI KAPAL PENUH TANPA TAHANAN)

LAPORAN PENGUJIAN KEMIRINGAN KAPAL									
REPORT ON INCLINING TEST									
Kondisi Cuaca		Baik			Arah dan kecepatan angin		0,5 m/det portside ke starboard		
Kondisi Laut		Tenang			Massa jenis Air Laut ρ_w		1,025 ton/m ³		
Sarat di haluan kapal		dr (m)	0,84	Sarat di buritan kapal		da (m)	1,026		
Posisi Sarat haluan terhadap FP		(m)	0,22	Posisi sarat buritan terhadap AP		(m)	0,000		
Sarat di tengah kapal		d (m)	0,91						
Jumlah beban yang dipindahkan		4		Momen akibat pergeseran beban		wy(ton.m)	3,536		
Berat beban yang dipindahkan		w(ton)	1,105	Panjang bandul bagian depan		l ₁ (m)	5,780		
Jarak pergeseran		y (m)	4,2	Panjang bandul bagian belakang		l ₂ (m)	5,740		
No	Berat yang dipindahkan		Depan (Fore)			Belakang (Aft)			
	Untuk 4 beban tetap		Untuk 4 beban tetap			Untuk 4 beban tetap			
	Kiri (port)	Kanan (starboard)	Tan θ	Jarak Simpangan bandul Reading of bob weight	Perbedaan Difference	Tan θ	Jarak simpangan bandul Reading of bob weight	Perbedaan Difference	
1	●●	○○	0	0	0,160	0	0	0,141	
2	●	●○○	2	0,160	0,162	2	0,141	0,152	
3	●	●●○○	3	0,322	0,161	3	0,293	0,152	
4	●	●○○	2	0,161	0,161	2	0,141	0,141	
5	●●	○○	0	0	0,149	0	0	0,148	
6	●●○	○	2	0,149	0,159	2	0,148	0,147	
7	●●○○	○	3	0,308	0,161	3	0,295	0,154	
8	●●○	○	2	0,147	0,147	2	0,141	0,141	
9	●●	○○	0	0		0	0		
Jumlah / Total			14		1,260	14		1,176	
Rata - Rata / Mean			1,5556	S _z	0,15750	1,5556	S _z	0,14700	
Tan θ				S _z / L ₁	0,02724		S _z / L ₂	0,02560	

TABEL 6
LAPORAN PENGUJIAN KEMIRINGAN KAPAL (KONDISI KAPAL KOSONG)

LAPORAN PENGUJIAN KEMIRINGAN KAPAL									
REPORT ON INCLINING TEST									
Kondisi Cuaca		Baik			Arah dan kecepatan angin		0,5 m/det portside ke starboard		
Kondisi Laut		Tenang			Massa jenis Air Laut ρ_w		1,025 ton/m ³		
Sarat di haluan kapal		dr (m)	0,76	Sarat di buritan kapal		da (m)	0,700		
Posisi Sarat haluan terhadap FP		(m)	0,25	Posisi sarat buritan terhadap AP		(m)	0,000		
Sarat di tengah kapal		d (m)	0,73						
Jumlah beban yang dipindahkan		4		Momen akibat pergeseran beban		wy(ton.m)	3,536		
Berat beban yang dipindahkan		w(ton)	1,105	Panjang bandul bagian depan		l ₁ (m)	5,780		
Jarak pergeseran		y (m)	4,2	Panjang bandul bagian belakang		l ₂ (m)	5,740		
No	Berat yang dipindahkan		Depan (Fore)			Belakang (Aft)			
	Untuk 4 beban tetap		Untuk 4 beban tetap			Untuk 4 beban tetap			
	Kiri (port)	Kanan (starboard)	Tan θ	Jarak Simpangan bandul Reading of bob weight	Perbedaan Difference	Tan θ	Jarak simpangan bandul Reading of bob weight	Perbedaan Difference	
1	●●	○○	0	0	0,175	0	0	0,155	
2	●	●○○	2	0,175	0,162	2	0,155	0,150	
3	●	●●○○	3	0,337	0,162	3	0,305	0,150	
4	●	●○○	2	0,175	0,175	2	0,155	0,155	
5	●●	○○	0	0	0,165	0	0	0,160	
6	●●○	○	2	0,165	0,160	2	0,160	0,155	
7	●●○○	○	3	0,325	0,170	3	0,315	0,160	
8	●●○	○	2	0,155	0,155	2	0,155	0,155	
9	●●	○○	0	0		0	0		
Jumlah / Total			14		1,324	14		1,240	
Rata - Rata / Mean			1,5556	S _z	0,16550	1,5556	S _z	0,15500	
Tan θ				S _z / L ₁	0,02863		S _z / L ₂	0,02700	

Sesuai dengan rules yang telah ditetapkan oleh BKI bahwa semua tangki harus berada dalam kondisi kosong atau penuh, jumlah tangki yang berisi diusahakan sedikit mungkin. Volume dan massa jenis cairan dalam tangki harus diketahui.

Pada proses pengujian Kapal Patroli 28 m ini semua tangki berada dalam keadaan kosong dan penuh, Pada

saat pengujian dengan isi tangki kosong, ada satu tangki yang berisi yaitu tangki harian (*Daily Tank*) dengan isi tangki 0,632 ton, dan sudah mendapat persetujuan dari Surveyor BKI bahwa tangki tersebut tidak dalam kondisi kosong dikarenakan rules telah mengatur tngki harian harus terisi sesuai kondisi kerjanya, berikut laporan mengenai tangki:

TABEL 7
LAPORAN PENGUJIAN KEMIRINGAN KAPAL (KAPASITAS TANGKI)

LAPORAN PENGUJIAN KEMIRINGAN KAPAL							
REPORT ON INCLINING TEST							
Kapasitas Tangki	Tank Capacity	NO	NAMA TANGKI	KAPASITAS PENUH	JENIS CAIRAN	MASSA JENIS	ISI TANGKI
			TANK NAME	FULL CAPACITY (TON)	TYPE OF LIQUID	SPECIFIC GRAVITY (TON/M3)	PRESENT CAPACITY (TON)
		1	F.O.TANK (P)	7,355	Fuel Oil	0,9443	0
		2	F.O.TANK (S)	7,355	Fuel Oil	0,9443	0
		3	DAILY TANK		Fuel Oil	0,9443	0,632
		4	SERIVICE TANK	1,968	Fuel Oil	0,9443	0
		5	SEWAGE TANK	1,688	Slops Oil	0,9130	0
		6	BILGE TANK		Slops Oil	0,9130	0
		7	SLUDGE TANK	0,957	Slops Oil	0,9130	0
		8	FRESH WATER (P)	2,995	Fresh Water	0,9200	0
		9	FRESH WATER (S)	2,995	Fresh Water	0,9200	0
		10	Water Ballast (P)	4,340	Sea Water	1,0250	0
		11	Water Ballast (S)	4,340	Sea Water	1,0250	0

Berdasarkan rules yang telah ada, untuk semua barang yang dinaikkan, diturunkan atau dipindahkan harus dicatat secara cermat agar hasil yang didapat tidak

mengalami kekeliruan, berikut hasil laporan pengujian kemiringan berdasarkan bagian yang dikurangi dan ditambah maka didapatkan hasil sebagai berikut

TABEL 8
BEBAN YANG DIKURANGI

Beban yang dikurangi	No	ITEM	WEIGHT	LCG	MOMENT	VCG	MOMENT
			(TON)	(M)	(TON.M)	(M)	(TON.M)
	1	TEST PERSONEL (7 PERSONS)	0,525	2,400	1,260	4,100	2,153
	2	TEST WEIGHT 1	1,105	7,200	7,956	3,550	3,923
	3	TEST WEIGHT 2	1,105	6,000	6,630	3,550	3,923
	4	TEST WEIGHT 3	1,105	4,800	5,304	4,080	4,508
	5	TEST WEIGHT 4	1,105	3,600	3,978	4,080	4,508
	6	DAILY TANK	0,632				
	TOTAL WEIGHT TO BE DEDUCTED		5,577	24,000	25,128	19,360	19,015

2) Stability Calculation

Stability Calculation dibagi menjadi 3 kondisi Sehingga diketahui stabilitas di tiap-tiap kondisi dengan berat kapal kosong 40,23 Ton. Masing-masing kondisi beban pada saat pengujian stabilitas dapat dilihat pada tabel 9, 10 dan 11.

Dari Kurva GZ dibawah ini didapatkan bahwa :

1. Besar lengan penegak (GZ) pada kondisi pertama nilai GZ naik sampai sudut 50⁰ dan kemudian turun

setelah sudut 50⁰. Dengan nilai GZ maksimum 0,840 pada saat sudut oleng 50⁰.

2. Besar lengan penegak (GZ) pada kondisi kedua nilai GZ naik sampai sudut 50⁰ dan kemudian turun setelah sudut 50⁰. Dengan nilai GZ maksimum 0,840 pada saat sudut oleng 50⁰.
3. Besar lengan penegak (GZ) pada kondisi ketiga nilai GZ naik sampai sudut 40⁰ dan kemudian turun setelah sudut 40⁰. Dengan nilai GZ maksimum 0,798 pada saat sudut oleng 40⁰.

TABEL 9
PENGUJIAN STABILITAS DENGAN BEBAN PENUH TERMASUK
TAHANAN KAPAL

Item	Qty	Weight (t)	Volume (m ³)	LCG (m)	VCG (m)
Lightship	1	40,23		10,63	1,89
F.O.T (P)	98%	7,20	7,63	11,08	0,62
F.O.T (S)	98%	7,20	7,63	11,08	0,62
F.W.T (P)	98%	2,93	2,93	2,10	1,21
F.W.T (S)	98%	2,93	2,93	2,10	1,21
Service Tank	98%	1,93	2,04	3,33	1,97
W.B.T (P)	0%	0,00	0,00	17,41	
W.B.T (S)	0%	0,00	0,00	17,41	
Prisoner	6	0,45		23,40	1,40
Total		62,87	23,16	98,54	8,92

TABEL 10
PENGUJIAN STABILITAS DENGAN BEBAN PENUH TANPA TAHANAN
KAPAL

Item	Qty	Weight (t)	Volume (m ³)	LCG (m)	VCG (m)
Lightship	1	40,23		10,63	1,89
F.O.T (P)	98%	7,20	7,63	11,08	0,62
F.O.T (S)	98%	7,20	7,63	11,08	0,62
F.W.T (P)	98%	2,93	2,93	2,10	1,21
F.W.T (S)	98%	2,93	2,93	2,10	1,21
Service Tank	98%	1,93	2,04	3,33	1,97
W.B.T (P)	0%	0,00	0,00	17,41	
W.B.T (S)	0%	0,00	0,00	17,41	
Prisoner	0	0,00		23,40	1,40
Total		62,42	23,16	98,54	8,92

TABEL 11
PENGUJIAN STABILITAS DENGAN KONDISI KAPAL KOSONG

Item	Qty	Weight (t)	Volume (m ³)	LCG (m)	VCG (m)
Lightship	1	40,23		10,63	1,89
F.O.T (P)	0%	0,00	0,00	13,18	0,00
F.O.T (S)	0%	0,00	0,00	13,18	0,00
F.W.T (P)	0%	0,00	0,00	2,99	0,43
F.W.T (S)	0%	0,00	0,00	2,99	0,43
Service Tank	0%	0,00	0,00	3,33	1,03
W.B.T (P)	0%	0,00	0,00	19,43	0,00
W.B.T (S)	0%	0,00	0,00	19,43	0,00
Prisoner	0	0,00		23,40	1,40
Total		40,23	0,00	108,56	5,18

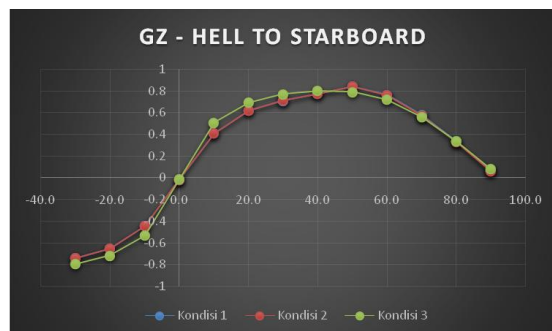


Figure 6: Kurva GZ

TABEL 12
HASIL TINGGI METACENTER (GM₀)

Nilai	Kondisi		
	Kondisi 1	Kondisi 2	Kondisi 3
Lwl	25,050 m	24,850 m	25,020 m
Cb	0,497	0,497	0,385
T	0,920 m	0,910 m	0,734 m
B (yang terbenam di air)	5,050 m	4,950 m	5010 m
ρ_0	1,025 ton/m ³	1,025 ton/m ⁴	1,025 ton/m ⁵
w	4,420 ton	4,420 ton	4,420 ton
l	4,200 m	4,200 m	4,200 m
W	59,288 ton	57,023 ton	36308 ton
Tan θ	1.556	1.556	1.556
Gm₀	0,201 m	0,209 m	0,328 m

Berdasarkan Rumus perhitungan tinggi metacenter persamaan (3) maka didapatkan hasil tinggi metacenter dapat dilihat pada tabel 12. Dari tabel tersebut maka didapatkan hasil untuk kondisi 1 nilai GM₀ 0,201 m, kondisi 2 nilai GM₀ 0,209 m, kondisi 3 GM₀ 0,328 m.

4. Kesimpulan

Dari hasil analisa dan pembahasan maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan rules BKI Vol C petunjuk pengujian kemiringan kapal di 2.5.3 menjelaskan bahwa beban uji harus cukup untuk memiringkan kapal paling sedikit 1° dan paling besar 4° terhitung dari posisi awal. Untuk pengujian kemiringan kapal patroli 28 m yang dilakukan dengan 3 kondisi dan diukur kemiringannya sudah memenuhi syarat tersebut baik untuk bagian depan (*fore*) maupun bagian belakang (*aft*). lihat tabel 3.3. Laporan Pengujian Kemiringan Kapal (kondisi kapal penuh termasuk tahanan), 3.4. Laporan Pengujian Kemiringan Kapal (kondisi kapal penuh tanpa tahanan), dan tabel 3.5. Laporan Pengujian Kemiringan Kapal (kondisi kapal kosong).
2. Berdasarkan IMO Regulation *Section A. 749(18), Chapter 3.1.2.2* untuk nilai GZ minimal 0,20 m pada kemiringan lebih dari 30° [10], Oleh karena itu pada kondisi 1, 2, dan 3 telah memenuhi syarat yang telah ditentukan IMO.
3. Biro Klasifikasi Indonesia telah mengatur bahwa kapal memiliki stabilitas yang memadai, stabilitas positif dan tegangan yang timbul masih dapat diterima dengan tinggi metacenter (GM₀) paling sedikit 0,20 m. Dan berdasarkan IMO Regulation *Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.4* tinggi metacenter minimal 0,15 m [10]. Berikut tabel nilai tinggi metacenter (GM₀).

TABEL 13
PERHITUNGAN TINGGI METACENTER (GM₀)

KONDISI	DISPLACEMENT (ton)	GM ₀		Keterangan
		Depan (<i>Fore</i>)	Belakang (<i>Aft</i>)	
Kondisi 1	59,2881	0,2012	0,2012	<i>Pass</i>
Kondisi 2	57,0234	0,2092	0,2092	<i>Pass</i>
Kondisi 3	36,3083	0,3285	0,3285	<i>Pass</i>

Dari hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa semakin besar berat displacement maka semakin kecil tinggi metacenter. Oleh karena itu kapal patroli 28 m ini sudah memenuhi standar yang ada dikarenakan tinggi metacenter sudah memenuhi standar yang ditentukan BKI dan IMO Regulation.

Beban uji merupakan satu komponen yang diperlukan didalam pengujian kemiringan kapal, untuk berat beban uji telah ditentukan oleh BKI. Tinggi metacenter sangat dipengaruhi oleh berat beban uji dan sudut senget kapal, dikarenakan semakin kecil berat displacement maka semakin besar nilai GM₀. Dan untuk mendapatkan nilai GZ dibutuhkan tinggi metacenter GM₀

References

- [1] Capt, Albertus, Hardjanto M, Mar. 2010. *Pengaruh Kelebihan Dan Pergeseran Muatan Di Atas Kapal Terhadap Stabilitas Kapal*. Universitas Hang Tuah
- [2] KNKT. 2016. *Data Investigasi Kecelakaan Pelayaran Tahun 2010-2016*. Jakarta : Komite Nasional Keselamatan Transportasi.
- [3] Siti, Nafisah, Matafi., Heffry V, Dien., Fransisco, P.T, Pangalila. 2015. *Simulasi Pengaruh Trim Terhadap Stabilitas Kapal Pukat Cincin*. Manado : Universitas Sam Ratulangi
- [4] Fransisco, P.T, Pangalila. 2011. *Stabilitas Statis Kapal Pole And Line KM Aldeis Di Pelabuhan Perikanan Aertembaga Bitung Sulawesi Utara*. Manado : Universitas Sam Ratulangi
- [5] Hind,J.A. 1967. *Trim And Stability Of Fishing Vessel*. London
- [6] Andre, Yohanes, Hamonangan, Hutabarat. 2009. *Simulasi Uji Stabilitas Kapal Dengan Metode Teori Kapal Model*. Depok : Universitas Indonesia
- [7] Kiryanto. 2010. *Analisa Teknis Stabilitas Dan Olah Gerak Kapal Patrol Speed Boat "Grass Carp" Di Perairan Rawa Pening Jawa Tengah*. Semarang : Universitas Diponegoro

- [8] Rizki, Mulya, Sari. 2010. *Stabilitas Statis Kapal Payang Madura*. Bogor : Institut Pertanian Bogor
- [9] BKI. 2003. Vol C 2003 *Petunjuk Pengujian Kemiringan Dan Periode Olong Kapal*. Jakarta : Biro Klasifikasi Indonesia
- [10] Jan. 2006. *Stability Information Manual*. Chengxi Shipyard.