

# RE-DESIGN MV. SIRENA UNTUK MEMENUHI STABILITAS SESUAI STANDARD IMO

Parlindungan Manik \*

\*Program Studi Teknik Perkapalan Fakultas Teknik UNDIP

## ABSTRAK

*The vessel of MV. SIRENA is Landing Craft Tank vessel type ( LCT). This vessel is to provide the transportation of movable payload like car and also able to be used as transportation of general cargo. LCT have deck continued entirety of ship length. Because level of wide of deck, and comparison of length and wide is less ideal ship, This LCT vessel have unfavourable stability character. For example at tank compartment under double bottom where liquid payload make a move from left side to ship right side or on the contrary, can cause free surface effect. This matter can be considered to be + weight influencing stability arm of the ship. Even ship with this type of earning losing of the stability of swiftly if water in most lower decks after happened leakage of bulkhead or hull or car entrance resulting big free surface effect.*

*Re-Design MV. SIRENA aim to know ship stability characteristic, is so that known the condition of most critical loading of ship and is hereinafter will make the better of stability so that fulfill stability according to standard of IMO.*

*As for way or method which selected in improve better stability of MV. SIRENA is added bulkhead of Fuel Oil tank and Fresh Water tank. Is hereinafter done the calculation of stability by using software Maxsurf release 12.04.*

*From result of calculation ship stability after added of bulkhead of Fuel oil and freshwater tank is found better result of that critical condition at Load Case VIII at the value of angle maximum GZ equal to 9.8% and equal to 7.14% at Load Case IV and IX and also to the overall of loading condition is found better of value at angle of maximum GZ equal to 7,78%.*

*Keyword : MV. SIRENA, Landing Craft Tank, Stabilit*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. LATAR BELAKANG

#### 1.1.1. Gambaran Umum MV. SIRENA

MV. SIRENA adalah kapal pengangkut kendaraan dideck dan didalam cargo hold.

Untuk menjamin kekedapan deck dipasang tutup kedap (*Elevator Cover*).

- Kapal digerakkan dengan mesin induk 2 x 700HP dan power listrik dengan daya 2 x 83 KW
- Kapal dioperasikan dengan sistem AUT-UMS, dimana kontrol kendali kapal semua dioperasikan dari
- Anjungan sehingga tidak memerlukan banyak awak kapal.

#### 1.1.2. Batasan-batasan Dalam Merencanakan Kapal

Dalam merencanakan kapal biasanya dibatasi oleh hal-hal berikut :

- Memenuhi permintaan pemesan, dalam hal tipe kapal, kecepatan, DWT, draft dan konsumsi bahan-bakar

- Memenuhi batasan-batasan regulasi dari IMO, Klass, ILLC dan lain-lain yang berlaku

### 1.2. PERUMUSAN MASALAH

Perumusan masalah stabilitas diuraikan dalam dua pengerjaan sebagai berikut :

1. Perhitungan stabilitas sebelum adanya design ulang
2. Perhitungan stabilitas setelah design ulang untuk memenuhi standard IMO

### 1.3. BATASAN MASALAH

Batasan masalah dalam penyusunan perhitungan stabilitas adalah :

1. Pengaruh efek permukaan bebas cairan pada tangki
2. Perhitungan stabilitas sebelum penambahan sekat
3. Perhitungan stabilitas sebelum penambahan sekat
4. Analisa perhitungan stabilitas setelah design ulang

#### 1.4. TUJUAN

Tujuan pembuatan perhitungan stabilitas ini adalah :

1. Untuk mengetahui karakteristik stabilitas kapal LCT MV. SIRENA, sehingga diketahui kondisi pemuatan kapal yang paling kritis.
2. Memperbaiki stabilitas LCT MV. SIRENA sehingga memenuhi standard batasan IMO dengan menambah sekat pada tangki bahan-bakar dan tangki air tawar

#### 1.5. KONTRIBUSI

##### a. Kegunaan Teoritis

Memberikan wawasan tentang regulasi yang harus dipenuhi dalam mendesign kapal dan cara memperbaiki karakteristik stabilitas kapal yang tidak memenuhi regulasi.

##### b. Kegunaan Praktis

- Memberikan sumbangan kepada para praktisi cara penyelesaian masalah bila menjumpai permasalahan yang hampir sama dengan isi skripsi ini
- Mengetahui kondisi pemuatan kritis yang harus dihindari, sehingga kapal dapat beroperasi secara aman.

##### c. Bagi Akademis

Sebagai sumbangsih pemikiran dalam menambah wawasan mengenai teori efek dari permukaan bebas dalam stabilitas kapal dan cara mengurangi efek tersebut serta batasan-batasan yang harus dipenuhi dalam membuat perhitungan stabilitas.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. STABILITAS KAPAL

#### 2.1.1. Definisi Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan suatu benda yang melayang atau mengapung untuk kembali ke posisi semula setelah mendapat pengaruh gaya dari luar.

Sesuai referensi “*Teori Bangunan Kapal*”, stabilitas ada 2 (dua) :

- a. Stabilitas memanjang (waktu terjadi trim)
- b. Stabilitas melintang (waktu terjadi olengan)

Sedangkan Faktor utama yang berpengaruh terhadap stabilitas menurut Robert B. Zubaly “*Applied Naval Architecture*” adalah :

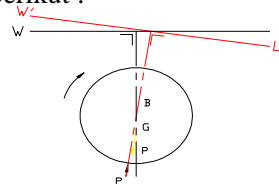
1. Titik berat (*Center of Gravity*), yaitu titik yang merupakan titik pusat dari gaya berat kapal yang bekerja ke arah bawah
2. Titik apung (*Center of Bouyancy*), yaitu merupakan pusat dari volume displasemen dan posisi dari titik apung tergantung hanya pada geometri dari badan kapal dibawah air dan kapal akan mengapung tegak jika buoyancy terletak pada centerline
3. Titik metasentra (*Metacentra*) yaitu merupakan titik semu dari batas dimana titik G tidak boleh melewati titik M sehingga stabilitas kapal bisa stabil.

#### 2.1.2. Macam-macam Keseimbangan

Secara umum beberapa macam keseimbangan benda adalah :

##### A. Keseimbangan Benda Melayang

Sesuai referensi “*Teori Bangunan Kapal*” sebagai berikut :



Gambar 1. Posisi titik B dan G benda melayang

Keterangan Gambar :

WL = garis air

WL' = garis air setelah kapal miring

B = Titik tekan benda (*buoyancy*)

G = Titik berat benda (*gravity*)

P = gaya tekan ke atas

##### A.1. Titik B diatas G

Kondisi ini disebut stabil, karena terjadi momen kopel antara titik tekan keatas dan titik tekan ke bawah

##### A.2. Titik B dan titik G berada dalam satu titik

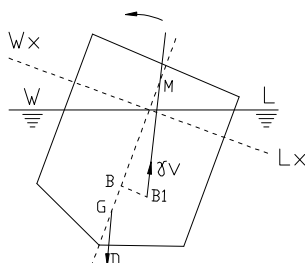
Kondisi ini disebut indiferen karena titik tekan ke atas dan ke bawah dalam satu titik sehingga tidak terjadi momen kopel.

##### A.3. Titik B berada dibawah titik G

Kondisi ini labil karena momen kopel yang terjadi semakin memperbesar kemiringan kapal.

## B. Keseimbangan Benda Mengapung

Menurut V. Semyonov-Tyan-Shansky “*Theory of Buoyancy, Stability and Launching*” sebagai berikut :



Gambar 2. Posisi titik B dan G benda mengapung

### Keterangan Gambar :

G = Titik berat benda (Gravity)

B = Titik tekan awal benda (*buoyancy*).

B' = Titik tekan akhir benda (*buoyancy*).

D = Gaya berat benda

M = Titik metasentra benda (*metacentre*).

$\gamma V$  = Sudut oleng benda

### B.1. Titik M berada diatas titik G dan titik B

Pusat dari daya apung ( titik B) terletak dibawah titik berat ( titik G) tetapi ketika kapal dimiringkan maka titik berat akan bergeser sejauh jarak metacentre ( titik M) terletak di atas titik berat ( titik G) dan couple yang dibentuk oleh gaya berat dan gaya ke atas akan mengembalikan kapal ke arah posisi tegak sehingga kapal stabil. Posisi dari titik M, G dan B seperti ini banyak ditemui.

### B.3. Titik M berada dibawah titik G dan titik B dibawah titik G

Pusat dari daya apung (B) terletak dibawah titik berat (G). Ketika kapal dimiringkan maka B berpindah sesuai jarak titik M yang berada dibawah titik berat (G) sehingga couple yang dibentuk oleh gaya berat D dan gaya keatas  $\rho V$  memutar kapal ke arah dari kemiringan tersebut, dalam kondisi ini kapal adalah tidak stabil

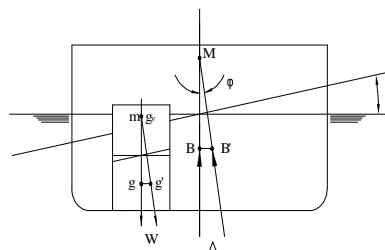
### B.4. Titik M berada dititik G dan titik B dibawah titik G

Di posisi awal pusat dari daya apung (B) terletak dibawah titik berat (G). Ketika kapal dimiringkan maka pusat dari B akan berpindah sedemikian sehingga metacentre (M) sama dengan titik berat (G) sehingga momen terjadi

adalah nol dan kapal akan mengapung di kedudukan tetap miring. Dengan kondisi tersebut maka kapal bisa dikatakan tidak stabil

## 2.2. PENGARUH PERMUKAAN BEBAS (Free Surface Effect)

Menurut Robert B. Zubaly “*Applied Naval Architecture*” stabilitas akan kurang baik karena pengaruh jika ada dari komponen berat di dalam suatu kapal bebas bergeser secara spontan ketika kapal berubah posisinya di air. Komponen beban yang bergeser secara bebas umumnya adalah cairan yang tidak penuh dalam tangki sehingga mempunyai permukaan bebas dan pengaruh dari moment permukaan bebas pada stabilitas harus dihitung.



Gambar 3. Gaya-gaya efek permukaan bebas

Untuk tangki yang tidak terisi penuh, titik berat dari cairan didalam tangki akan berubah naik bila kapal dalam kondisi miring.

Menurut Robert B. Zubaly “*Applied Naval Architecture*” Kenaikan dari titik berat cairan tersebut bisa dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$ggv = \frac{It}{V} M$$

Pengaruh dari permukaan bebas akan menggeser titik berat (G) keatas sebesar :

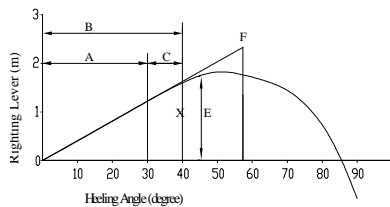
$$GGv = \frac{\rho It}{\Delta} M$$

Untuk menghindari/mengurangi adanya efek permukaan bebas tersebut biasanya dilakukan upaya sebagai berikut :

- Tangki diusahakan selalu dalam kondisi penuh atau kosong dengan cara memindahkan muatan cair dari tangki satu ke tangki yang lain.
- Tangki direncanakan tidak terlalu lebar dengan memasang sekat sehingga permukaan bebas dari cairan muatan tidak terlalu luas

### 2.3. PARAMETER IMO UNTUK STABILITAS

Untuk menjamin keselamatan kapal dalam hal stabilitas, maka standard IMO harus dipenuhi.



Grafik 1. Hubungan sudut oleng dengan lengan stabilitas

Keterangan Gambar :

A = Luasan dibawah kurva stabilitas statis pada sudut sampai 30o tidak boleh kurang dari 0,055 meter-radian.

X = Luasan dibawah kurva stabilitas statis pada sudut antara 30o sampai 40o tidak boleh kurang dari 0,055 meter-radian.

B = Luasan dibawah kurva GoZ sampai dengan X° harus kurang dari 0,09 meter-radian.

C = Luasan antara 30 dan X° harus kurang dari 0,03 meter-radian.

E = Maksimum harga kurva GZ harus terjadi pada sudut lebih dari 30o tetapi tidak boleh kurang dari 25o. Tetapi sesuai peraturan *Bureau Veritas* untuk kapal tertentu harga maksimum kurva GZ boleh kurang dari 25o tetapi harus mendapatkan persetujuan dari *Flag Authorithies* tetapi bagaimanapun tidak boleh dari 20o

F = Tinggi metasentra awal (GM) tidak boleh kurang dari 0.15 M

### 2.4. TES KEMIRINGAN (*Inclining Test*)

Pada kapal bangunan baru maupun kapal bukan bangunan baru yang mengalami modifikasi besar, *inclining test* mutlak perlu dilaksanakan. Menurut "*Procedure of Inclining Test*" tes kemiringan dilaksanakan untuk mencari berat kapal kosong, tinggi dari titik berat (VCG) dan jarak titik berat secara memanjang

### 2.5. PERHITUNGAN STABILITAS DENGAN MAXSURF RELEASE 12.04

Dalam pelaksanaan perhitungan stabilitas, menggunakan batasan standard dari IMO dan rule *Bureau Veritas*, tetapi untuk membantu perhitungan digunakan soft ware MAXSURF Versi 12.04

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. ALUR PENELITIAN

Penyusunan penelitian ini didasarkan pada metode sistematis yang diuraikan berdasarkan urutan diagram alir atau *flow chart* yang menggambarkan proses dari awal mulai penelitian hingga selesainya penelitian.

### 3.2. IDENTIFIKASI PERMASALAHAN

#### 3.2.1. Perumusan Masalah dan Penetapan Tujuan

Langkah awal dengan melakukan proses identifikasi masalah yang ada dan dilanjutkan dengan proses perumusan masalah. Kemudian ditetapkan tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini.

#### 3.2.2. Batasan dan Asumsi yang Berlaku

Dalam penelitian ini terdapat batasan-batasan permasalahan untuk menghindari pembahasan agar tidak terlalu meluas.

#### 3.2.3. Ruang Lingkup Masalah

Ruang lingkup permasalahan yang akan diteliti adalah perhitungan design ulang stabilitas pada kapal LCT MV. Sirena untuk memenuhi standar peraturan IMO.

#### 3.2.4. Tools yang Digunakan

Dalam penelitian ini digunakan program software Maxsurf release 12.04 untuk proses analisa.

## 3.3. PENELITIAN

### 3.3.1. Materi Penelitian

Materi penelitian yang dimaksud dalam penelitian ini meliputi data- data yang akan di proses antara lain :

- 1.Data ukuran utama kapal (Lpp, lebar kapal, sarat kapal, tinggi kapal).
- 2.Data gambar-gambar teknik LCT MV. Sirena.
- 3.Data teknis volume tangki-tangki pada kapal LCT-55 MV. Sirena

### 3.3.2. Studi literatur.

Setelah melakukan pengumpulan data serta observasi lapangan, penulis melakukan pengkajian melalui referensi literatur baik dari buku maupun publikasi di internet.

### 3.3.3. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan dari tanggal awal bulan september 2008 sampai pertengahan bulan oktober 2008. Penelitian dilakukan di PT. Jasa Marina Indah Semarang

## 3.4. PENGOLAHAN DATA

### 3.4.1. Pembuatan Model Kapal LCT-55 MV

Pada tahap awal dengan membuat model kapal pada program maxsurf sesuai lines plan dan memasukkan data-data tangki, yang kemudian dilanjutkan dengan running model di hydromax.

### 3.4.2. Proses Analisa Model

Dari hasil pembuatan model didalam maxsurf untuk mendapatkan output yang memperlihatkan lengkung-lengkung stabilitas kapal diperoleh hasil akhir pemodelan yang memperlihatkan perbedaan bentuk lengkung stabilitas antara stabilitas yang sebelum dan sesudah re-design.

### 3.4.3. Proses Pembacaan Output Model

Setelah proses *running* dijalankan, maka akan diperoleh data-data baik itu data angka maupun data gambar dalam bentuk lengkung stabilitas dan kriteria stabilitasnya.

## 3.5. PENYAJIAN DATA HASIL PERHITUNGAN

### 3.5.1. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Merupakan bagian akhir untuk mencapai hasil penelitian, yaitu didapatkannya kesimpulan final tugas akhir sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan.

### 3.5.2. PENARIKAN KESIMPULAN

Dalam tahap ini dilakukan pengambilan kesimpulan dari seluruh tahapan di atas sesuai dengan tujuan awal yang ditetapkan pada penelitian serta saran mengenai pengembangan penelitian lanjutan.

## 4. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Pengantar

Kapal dirancang untuk dapat mengapung diatas permukaan air, dimana hal ini sangat tergantung pada stabilitasnya. Sedangkan Stabilitas merupakan kemampuan badan kapal yang tercelup air untuk kembali keposisi semula jika

## KAPAL

mendapat kemiringan, atau ketika mendapatkan gaya-gaya dari luar untuk kembali keposisi semula jika gaya-gaya tersebut sudah tidak lagi ada.

Untuk mendapatkan kriteria stabilitas yang baik, perhitungan stabilitas telah diatur didalam IMO (*International Maritime Organization*).

## 4.2. Penentuan Load Case Untuk Beberapa Kondisi

Dalam perhitungan stabilitas untuk LCT-55 MV. SIRENA ini, penulis membuat perhitungan stabilitas dilihat dari 9 kondisi pemuatan sebelum dan setelah penambahan sekat sebagai berikut :

**1. Load case I**, adalah kondisi kapal kosong (*light ship*)

**2. Load case II**, adalah kondisi pemuatan berikut :

- Di *main deck* : - 11 unit trailer @ 17,5 T

- 3 unit truk @ 2,5 Ton.

- Di *cargo hold* : - 17 unit truk kecil @ 2,5 Ton.

- 100 % *consumable*.

- kapal berangkat dari pelabuhan.

**3. Load case III**, adalah kondisi pemuatan sebagai berikut :

- Di *main deck* : - 11 unit trailer @ 17,15 Ton

- 3 unit truk @ 2,5 Ton.

- Di *cargo hold* : - 17 unit truk kecil @ 2,5 Ton.

- 10 % *consumable*.

- kapal tiba di pelabuhan

**4. Load case IV**, adalah kondisi pemuatan berikut :

- Di *main deck* : kosong

- Di *cargo hold* : - 17 truk kecil @ 2,5 Ton.

- 100 % *consumable*

- Kapal berangkat dari pelabuhan.

**5. Load case V**, adalah kondisi pemuatan berikut

- Di *main deck* : kosong

- Di *cargo hold* : 17 unit truk kecil @ 2,5 Ton.

- 10 % *consumable*.

- kapal tiba pelabuhan.

**6. Load case VI**, adalah kondisi pemuatan berikut :

- Di *main deck* : kosong

- Di *cargo hold*: kosong

- Full ballast
- 100 % consumable.
- kapal berangkat dari pelabuhan.

7. **Load case VII** , adalah kondisi pemuatan adalah berikut :

- Di main deck : kosong
- Di cargo hold: kosong
- Full ballast
- 10 % consumable.
- kapal tiba di pelabuhan

8. **Load case VIII** , adalah kondisi pemuatan berikut :

- Di main deck : - 11 unit trailer @ 17,15 T  
- 3 unit truk @ 2,5 Ton.
- Di cargo hold : kosong
- 100 % consumable.
- Kapal berangkat dari pelabuhan.

9. **Load case IX**, adalah kondisi pemuatan berikut :

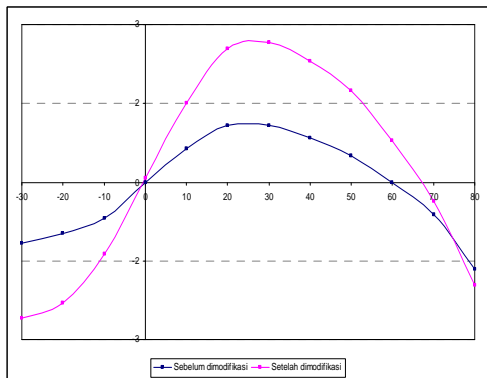
- Di main deck : - 11 unit trailer @ 17,15 T T  
- 3 unit truk @ 2,5 Ton.
- Di cargo hold : kosong
- 10 % consumable.
- Kapal tiba di pelabuhan.

### 4.3. Perhitungan Stabilitas LCT-55 MV. SIRENA Sebelum dan Sesudah Modifikasi

Dari hasil *running Maxsurf* didapatkan kondisi spesifik kapal dan grafik stabilitas sebagai berikut :

a. Grafik stabilitas.

Diambil kondisi pemuatan yang kritis yaitu pada *load case-8*



Grafik 2. Stabilitas LCT Load Case-8

### Kesimpulan grafik :

- Lengan stabilitas maksimum (GZ maksimum) 1,218 meter, setelah modifikasi menjadi 1,732 meter
- Lengan stabilitas maksimum terjadi pada sudut oleng 24,6°, setelah modifikasi menjadi 27°
- Tinggi MGo adalah 4,041 meter, setelah modifikasi menjadi 4,822 meter (memenuhi IMO A749-18).
- Area 0 s/d 30° adalah 0,133 m-radian, setelah modifikasi menjadi 0,155 m-radian (memenuhi IMO A749-18)
- Area 0 s/d 40° adalah 0,652 m-radian, setelah modifikasi menjadi 0,910 m-radian (memenuhi IMO A749-18)
- Area 30°s/d 40° adalah 0,188 m-radian, setelah modifikasi menjadi 0,292 m-radian (memenuhi IMO A749-18)

Dan secara keseluruhan hasil perhitungan stabilitas sebelum modifikasi dan setelah modifikasi bisa di lihat dalam resume berikut :

Tabel 1. Hasil perhitungan stabilitas menurut standar IMO A. 749(18)Ch3

N	Kondisi	Criteria					
		Area 0 to 30 ( req 0,055 m.rad)		Area 0 to 40 ( req 0,090 m.rad)		Area 30 to 40 ( req 0,03 m.rad)	
		Sebelum	setelah	Sebelum	setelah	Sebelum	setelah
1	I	0,280	0,268	1,323	1,272	0,408	0,395
2	II	0,166	0,154	0,890	0,866	0,277	0,280
3	III	0,199	0,154	1,006	0,866	3,16	0,280
4	IV	0,161	0,191	0,853	1,608	0,256	0,359
5	V	0,192	0,211	0,960	1,111	0,288	0,366
6	VI	0,181	0,189	0,973	1,085	0,307	0,366
7	VII	0,216	0,208	1,100	1,138	0,347	0,378
8	VIII	0,133	0,155	0,652	0,910	0,188	0,292
9	IX	0,157	0,167	0,774	0,977	0,227	0,307

Tabel 2. Kriteria hasil perhitungan stabilitas menurut standar IMO A. 749(18)Ch3

No	Kondisi	Criteria					
		GZ (req 0,2 m)		Angle of GZ max (req 25 deg)		GM (req 0,15 m)	
		Sebelum	Setelah	Sebelum	Setelah	Sebelum	Setelah
1	I	2,373	2,362	27,9	27,9	8,955	8,956
2	II	1,727	1,658	26,4	27,0	5,122	4,747
3	III	1,955	1,666	27,0	27,0	6,257	4,776
4	IV	1,653	2,091	25,8	29,9	4,983	6,026
5	V	1,853	2,163	25,8	28,9	6,671	6,671
6	VI	1,887	2,121	27,0	30,9	5,553	5,960
7	VII	2,118	2,215	27,0	28,9	6,766	6,577
8	VIII	1,218	1,732	24,6	27,0	4,041	4,822
9	IX	1,526	1,841	25,2	27,0	4,879	5,250

Dari hasil perhitungan stabilitas LCT-55 MV. SIRENA dengan *software Hydromax*, telah diperoleh kesimpulan bahwa :

- Stabilitas LCT-55 MV. SIRENA sebelum modifikasi ada kondisi pemuatan tertentu masih terdapat beberapa kriteria stabilitas yang tidak memenuhi kriteria IMO.
- Setelah modifikasi, maka stabilitas LCT-55 MV. SIRENA menunjukkan kapal memiliki stabilitas yang baik dan seluruh kriteria telah memenuhi standar IMO.

### 4.3. Pengaruh Permukaan Bebas (*free Surface*)

Untuk mencari nilai pengaruh permukaan bebas, dilakukan perhitungan untuk kondisi pemuatan tangki-tangki yang tidak penuh dan bisa dilihat dari nilai ggv antara sebelum modifikasi dan setelah modifikasi sebagai berikut :

Tabel 3. Pengaruh Permukaan Bebas Pada Tangki F.O Sebelum Ditambah Sekat

NAME OF TANK : FUEL OIL TANK  
TANK CONTENT : H.S.D Displ : 872,5 M3 DENSITY : 0,83 T/M3

NAME of TANK	POSITION	PANJANG TANGKI (M)	LEBAR TANGKI (M)	VOLUME 10% M3	INERSIA (M <sup>4</sup> )	GgV M pIT/Displ
FUEL OIL TANK (PS)	FR.24 ~ FR.29	7,5	6,483	3,1338	170,29	0,16
FUEL OIL TANK (SB)	FR.24 ~ FR.29	7,5	6,483	3,1338	170,29	0,16
F.O. DAILY (PS)	FR.13 ~ FR.14	1,5	6,75	3,6221	34,44	0,032
F.O. DAILY (SB)	FR.13 ~ FR.14	1,5	6,75	3,6221	34,44	0,032

Tabel 4. Pengaruh Permukaan Bebas Pada Tangki F.O Setelah Ditambah Sekat

NAME OF TANK : FUEL OIL TANK  
TANK CONTENT : H.S.D Displ : 1141 M3 DENSITY : 0,83 T/M3

NAME of TANK	POSITION	PANJANG TANGKI (M)	LEBAR TANGKI (M)	VOLUME 10% M3	INERSIA (M <sup>4</sup> )	GgV M pIT/Displ
F.O TANK (PS 1)	FR.24 ~ FR.29	7,50	2,4	1,6692	8,64	0,00628
F.O TANK (PS 2)	FR.24 ~ FR.29	7,50	4,183	1,8340	45,74	0,033
F.O TANK (SB 1)	FR.24 ~ FR.29	7,50	2,4	1,6692	8,64	0,00628
F.O TANK (SB 2)	FR.24 ~ FR.29	7,50	4,183	1,8340	45,74	0,033

Tabel 5. Pengaruh Permukaan Bebas Pada Tangki F.W Sebelum Ditambah Sekat

NAME OF TANK : FRESH WATER TANK  
TANK CONTENT : FRESH WATER Displ : 872,5 M3 DENSITY : 1,00 T/M3

NAME of TANK	POSITION	PANJANG TANGKI (M)	LEBAR TANGKI (M)	VOLUME 10% M3	INERSIA (M <sup>4</sup> )	GgV M pIT/Displ
F. W T (PS)	FR.15 ~ FR.19	6,00	6,533	2,7778	139,41	0,159
F. W T (SB)	FR.15 ~ FR.19	6,00	6,533	2,7778	139,41	0,159

Tabel 6. Pengaruh Permukaan Bebas Pada Tangki F.W Setelah Ditambah Sekat

NAME OF TANK : FRESH WATER TANK  
TANK CONTENT : FRESH WATER Displ : 1141 M3 DENSITY : 1,00 T/M3

NAME of TANK	POSITION	PANJANG TANGKI (M)	LEBAR TANGKI (M)	VOLUME 10% M3	INERSIA (M <sup>4</sup> )	GgV M pIT/Displ
F. W T (PS1)	FR.15 ~ FR.19	6,00	2,393	1,3166	6,85	0,006
F. W T (PS2)	FR.15 ~ FR.19	6,00	4,183	1,7030	36,6	0,032
F. W T (SB1)	FR.15 ~ FR.19	6,00	2,393	1,3166	6,85	0,006
F. W T (SB2)	FR.15 ~ FR.19	6,00	4,183	1,7030	36,6	0,032

Berdasarkan analisa diatas, dapat ditarik kesimpulan bahwa tangki yang tidak terisi penuh akan memiliki pengaruh terhadap perubahan tinggi KG dari masing-masing kompartemen tangki (ditunjukkan oleh nilai GGv), dimana tinggi KG ini juga dapat berpengaruh terhadap tinggi MG.

## 5. PENUTUP

### 5.1. KESIMPULAN

Dari analisa perhitungan stabilitas kapal MV. SIRENA dengan menggunakan *software Maxsurf 12.0* diperoleh kesimpulan bahwa:

1. Kapal MV. SIRENA mempunyai karakteristik stabilitas yang kurang baik karena perbandingan ukuran utama yang tidak proposional dan disain tangki yang terlalu lebar sehingga menyebabkan luas permukaan bebas yang besar bila tidak terisi penuh. Karakteristik yang kurang bagus terjadi pada kondisi pemuatan IV, VIII dan IX. *GZ* maksimum pada kondisi pemuatan tersebut hanya mencapai 25,80, 24,60 dan 25,20.
2. Setelah penambahan sekat pada tangki bahan-bakar dan tangki air tawar, stabilitas kapal menjadi lebih baik dimana pada kondisi pemuatan VIII yang sebelumnya *GZ* maksimum terjadi pada sudut 24,60 menjadi 270 atau meningkat sebesar 9,76 %, pada kondisi IV sebelumnya 25,80 menjadi 29,90 meningkat sebesar 15,89% dan pada kondisi IX sebelumnya 25,20 menjadi 270 meningkat sebesar 7,14% dan rata-rata semua kondisi pemuatan mengalami perbaikan stabilitas pada kriteria sudut *GZ* maksimum sebesar 7.78%

### 5.2. Saran dan Rekomendasi

Adapun saran dan rekomendasi untuk penelitian lebih lanjut antara lain :

1. Dalam merencanakan sebuah kapal khususnya untuk kapal tipe LCT yang mempunyai perbandingan ukuran utama yang kurang ideal harus memperhitungkan secara matang penempatan tangki-tangki dengan memperhitungkan luas permukaan cairan seminimal mungkin sehingga efek permukaan bebas tidak terlalu besar.
2. Dalam melakukan manajemen pengaturan muatan konsumabel, agar selalu diperhatikan isi dari masing-masing tangki cairan pada masing-masing tangki. Untuk mengurangi efek muatan bebas kondisikan isi tangki selalu pada kondisi penuh atau muatan seminimal mungkin dimana biasanya pada stabilitas kapal minimal isi tangki adalah 10%.

3. Perlu dilakukan suatu penelitian lanjutan tentang studi pengaruh permukaan bebas terhadap stabilitas kapal, dan direkomendasikan agar efek permukaan bebas perlu dimasukkan kedalam perhitungan stabilitas kapal.
4. Penggunaan bantuan *software maxsurf* dapat digunakan sebagai alat untuk menghitung stabiitas kapal.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Anonymous, Rule Bureau Veritas, Perancis, Februari 2003
2. Anonymous, Rule International Maritime Organization 1978 London, Edition 2002,
3. V. Semyonov-Tyan-Shansky, "Theory of Buoyancy, Stability and Launching, Peace Publishers, Moscow
4. IACS Rec. 1900/Corr. 1 Jan 2004 "Inclining Unified Procedure", Januari 2004
5. Procedure of Inclining Test PT. Jasa Marina Indah, Semarang, 2007
6. Ir. I Gusti Made Santoso & Ir. Joswan Jusuf Sudjono " Teori Bangunan Kapal Jilid II", Percetakan PT. Indah Kalam Karya, Edisi 1982
7. Robert B. Zubaly "Aplied Naval Architecture", Cornell Maritime Press, Centreville, Maryland, copyright 1996
8. Panduan Perhitungan Stabilitas PT. Jasa Marina Indah, Semarang, 1998