

## ANALISA KESTABILAN KAPAL ISAP PASIR DARI KEDALAMAN 40 METER MENJADI 66 METER

Firly Rosa

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Bangka Belitung  
Kampus Terpadu Desa Balun Ijuk Kecamatan Merawang Kabupaten Bangka

Email :firlya@ubb.ac.id

### Abstrak

Kapal isap pasir dapat dimodifikasi sebagai kapal isap material timah yang digunakan untuk perairan lepas pantai dengan kedalaman lebih dari 50 m. Untuk memenuhi kedalaman tersebut, perlu dilakukan modifikasi kapal isap pasir dengan memanjangkan *ladder* sesuai dengan kapasitas yang diinginkan. Penelitian ini memodifikasi kemampuan kapal isap pasir yang sudah ada dengan kedalaman pengerukan 40 m menjadi kapal isap timah dengan kedalaman 66 m. Tanpa merubah dimensi maupun geometri dari ponton dan peralatan yang sudah ada, membuang *ladder* 40 m, menambah peralatan pendukung pengerukan 66 m dan membuat konstruksi *ladder* untuk kedalaman 66 m menyebabkan perubahan stabilitas kapal sehingga perlu dianalisa kembali stabilitas kapal isap pasir modifikasi tersebut. Analisa dilakukan dengan mendata peralatan yang masih tetap digunakan, menghitung berat estimasi peralatan-peralatan yang dimodifikasi, menghitung peralatan-peralatan tambahan dan menempatkan posisi peralatan modifikasi terhadap titik acuan serta menentukan pusat titik massa (COG) yang baru dengan menggunakan metode momen. Dari hasil analisa didapatkan bahwa sudut kemiringan *heel to starboard* kapal isap modifikasi sama dengan kapal isap yang ada sebesar  $0,2^\circ$  yang menyebabkan kapal isap modifikasi mengalami kemiringan ke arah *port* kapal. Selain itu, sudut lengan pengembali (GZ) kapal isap modifikasi lebih rendah dibandingkan kapal isap pasir yang ada dan tidak memenuhi standar IMO. Dari hasil analisa, maka kapal isap pasir modifikasi perlu dilakukan perubahan geometri dan dimensi dari ponton untuk mendapatkan stabilitas dan memenuhi standar IMO.

**Kata Kunci :** *ladder*, stabilitas, IMO

### Abstract

The suction dredges sand can be modified as suction dredges tin material that will be used for offshore waters with depths greater than 50 m. To fullfil the dredges requirement, some of equipments will be modified by extending the ladder suction dredges sand to the desired capacity. This research will modify depth of 40 m to depth of 66 m. The dimensions and geometry of the pontoon and the existing equipments are not be changed, the existing ladder that have length 40 m is be changed by ladder that have length 66 m. Adding support equipment and changing ladder construction cause changes in dredges stability so that it must be analyzed back. The analysis will identify the existing equipment, calculate the estimated weight of the equipment, calculate the additional equipment and reference point based on the equipment position and determine the center of mass point (COG) using the method of moments. From the analysis it was found that the angle of heel to starboard dredges modification is the same with the existing suction dredges. The angle is  $0,2^\circ$  that causes the modification dredges tilt toward port the ship. In addition, the righting momen (GZ) of modification dredges is lower than the existing dredges and do not meet the IMO standards. From the analysis, the neccessary modification is to change the geometry and dimensions of the pontoon to get stability and fullfil the IMO standards.

**Key Word :** *ladder*, stability, IMO

## PENDAHULUAN

Kapal isap pasir digunakan dalam mengisap pasir di daerah lepas pantai maupun sungai yang bertujuan untuk memperdalam kedalaman laut atau sungai dengan cara memindahkan pasir ke daerah tertentu dengan menggunakan peralatan pompa isap. Selain pasir, material lain pun dapat juga diisap oleh peralatan tersebut, seperti material timah.

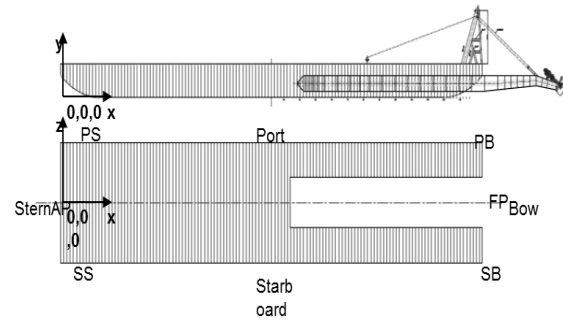
Kapal isap pasir mempunyai kapasitas kemampuan kedalaman pengisapan yang berbeda-beda. Dalam penelitian ini, kapal isap yang dianalisa adalah kapal isap yang dimodifikasi dari kapasitas kedalaman 40 m menjadi kapal isap dengan kedalaman 66 m dengan bentuk kapal isap pada gambar 1 yang akan digunakan untuk menghisap material timah yang akan digunakan pada kedalaman di atas 50 m di lepas pantai.



**Gambar 1. Kapal isap pasir**

Analisa awal dilakukan dengan menghitung stabilitas kapal isap pasir yang ada dengan kedalaman 40 m. Dari hasil analisa awal, didapatkan data stabilitas kapal sebagai berikut<sup>[1]</sup>:

1. Titik pusat massa *lightship* kapal isap pasir pada posisi longitudinal=25800 mm, transversal =1755 mm, x=-76 mm dari titik 0,0,0 seperti pada gambar 2 dalam kondisi ladder up dan dengan estimasi berat beban di atas ponton perbaikan maka berat *lightship* seberat 270.107 kg atau 207,1 ton.
2. Dari perhitungan stabilitas *lightship* kapal isap pasir berdasarkan data primer dan perkiraan berat beban yang berada di atas maupun di dalam ponton, maka didapatkan perhitungan stabilitas kapal isap pasir dengan kondisi *ladder up* berdasarkan *software maxsurf* seperti pada tabel 1.



Keterangan gambar:

PS = Portside Stern

SS = Starboard Stern

PB = Portside Bow

SB = Starboard Bow

AP = Aft Perpendicular

FP = Forward Perpendicular

**Gambar 2. Posisi koordinat ponton kapal isap pasir yang ada**

**Tabel 1. Data kestabilan kapal isap pasir kondisi ladder up**

| Kriteria                      | Satuan          | Hasil Software |
|-------------------------------|-----------------|----------------|
| Draft Amidsh. mm              | mm              | 536            |
| Displacement kg               | kg              | 270093         |
| Heel to Starboard degrees     | °               | -0,20          |
| Draft at FP mm                | mm              | 350            |
| Draft at AP mm                | mm              | 722            |
| Draft at LCF mm               | mm              | 547            |
| Trim (+ve by stern) mm        | mm              | 372            |
| WL Length mm                  | mm              | 51689          |
| WL Beam mm                    | mm              | 12000          |
| Wetted Area mm <sup>2</sup>   | mm <sup>2</sup> | 598044344      |
| Waterpl. Area mm <sup>2</sup> | mm <sup>2</sup> | 525934668      |
| Prismatic Coeff.              |                 | 0,64           |
| Block Coeff.                  |                 | 0,63           |
| Midship Area Coeff.           |                 | 0,97           |
| Waterpl. Area Coeff.          |                 | 0,85           |
| LCB from zero pt. mm          | mm              | 25795          |
| LCF from zero pt. mm          | mm              | 27237          |
| KB mm                         | mm              | 287            |
| KG mm                         | mm              | 1755           |
| BMt mm                        | mm              | 27684          |
| BML mm                        | mm              | 426027         |
| GMt mm                        | mm              | 26216          |
| GML mm                        | mm              | 424559         |
| KMt mm                        | mm              | 27971          |
| KML mm                        | mm              | 426314         |
| Immersion (TPc) tonne/cm      | tonne/cm        | 5              |
| MTc tonne.m                   | tonne.m         | 20             |

| Kriteria                                 | Satuan | Hasil Software |
|------------------------------------------|--------|----------------|
| RM at 1deg =<br>GMt.Disp.sin(1)<br>kg.mm | kg.mm  | 123575636      |
| Max deck inclination<br>deg              | °      | 0,40           |
| Trim angle (+ve by<br>stern) deg         | °      | 0,40           |

Dimana :

- FP = Foward Perpendicular
- AP = Aft Perpendicular
- LCF = Longitudinal Centre of Floatation
- WL = Water Line
- LCB = Longitudinal Centre of Bouyance
- KB = Vertical Centre of Bouyance
- KG = Vertical Centre of Gravity
- BMt = Transverse Bouyance Metacentric
- BML = Longitudinal Bouyance Metacentric
- GMt = Transverse Metacentric Height
- GML = Longitudinal Metacentric Height

Dari awal, kapal isap pasir kedalaman 40 m ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Kapal isap pasir dapat dimodifikasi menjadi kapal isap produksi timah jika ditinjau dari kapasitas beban ponton dengan *immersion* (TPC) yang dapat diterima sebesar 5 ton/cm.
- Ditinjau dari heel to starboard menunjukkan bahwa kapal akan condong mengalami kemiringan ke arah port kapal sehingga perlu dilakukan modifikasi penempatan peralatan ke arah stabsboard kapal.
- Untuk sudut lengan pengembali GZ tidak memenuhi standar IMO sehingga perlu dilakukan perubahan posisi peralatan-peralatan yang ada di atas maupun di dalam ponton sehingga lebih stabil.

Jika ditinjau dari analisa awal pada kapal isap dengan kedalaman 40 m, maka kapal isap tersebut konstruksi *ladder* dapat dimodifikasi menjadi 66 m dengan cara merubah posisi peralatan-peralatan yang berada di atas maupun di dalam ponton, merubah titik pusat massa konstruksi *ladder* dan mengatur posisi peralatan baru dalam mendukung kapasitas 66 m tanpa melakukan modifikasi dimensi maupun geometri ponton.

## METODE PENELITIAN

Langkah-langkah penelitian yang dilakukan sebagai berikut:

1. Menentukan peralatan yang dikurangi
2. Menentukan peralatan tambahan dan posisi

3. Perhitungan titik pusat massa *lightship* kapal isap pasir dan dalam kondisi *ladder up* dengan perhitungan titik pusat massa menggunakan metode lengan momen.
4. Perhitungan stabilitas *lightship* kapal isap pasir menggunakan *software maxsurf*<sup>[1]</sup>
5. Perbandingan stabilitas dengan standar *Internasional Maritiem Organization (IMO)*<sup>[2]</sup>. Analisis ini harus dilakukan untuk mengetahui apakah kapal tersebut dengan beban awal saat beroperasi dalam keadaan stabil positif (*positif stability*).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data awal dari kapal isap pasir yang ada, didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Menentukan peralatan yang dikurangi dari peralatan awal yang tersedia di kapal isap pasir. Ada beberapa peralatan yang dikurangi karena tidak digunakan atau diganti yang dapat dilihat pada tabel 2.

**Tabel 2. Data peralatan kapal isap pasir yang diganti kondisi *ladder up***

| KOMPO<br>NEN                            | BERAT<br>ESTIMA<br>SI<br>(kg) | LONG<br>(mm) | VER<br>(mm) | TRAN<br>(mm) |
|-----------------------------------------|-------------------------------|--------------|-------------|--------------|
| BERAT<br>STRUKT<br>UR<br>LADDER<br>40 M | 49500                         | 50000        | 790         | 0            |

2. Menentukan peralatan tambahan. Ada beberapa peralatan tambahan yang digunakan sebagai penunjang kapal isap pasir maupun sebagai peralatan pengganti peralatan yang tidak digunakan dalam kapal isap awal. Adapun peralatan tambahan atau peralatan pengganti yang digunakan dapat dilihat pada tabel 2.

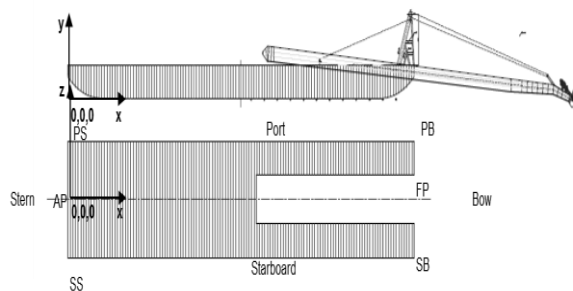
**Tabel 3. Data peralatan tambahan kapal isap pasir kondisi *ladder up***

| KOMPO<br>NEN                            | BERAT<br>ESTI<br>MASI<br>(kg) | LONG<br>(mm) | VER<br>(mm) | TRAN<br>(mm) |
|-----------------------------------------|-------------------------------|--------------|-------------|--------------|
| BERAT<br>STRUKT<br>UR<br>LADDER<br>66 M | 73500                         | 60000        | 4650        | 0            |

| KOMPO<br>NEN             | BERAT<br>ESTI<br>MASI<br>(kg) | LONG<br>(mm) | VER<br>(mm) | TRAN<br>(mm) |
|--------------------------|-------------------------------|--------------|-------------|--------------|
| BERAT<br>CUTTER          | 5800                          | 96000        | 3400        | 0            |
| BERAT<br>POMPA           | 2000                          | 86000        | 3855        | 0            |
| BERAT<br>PIPA<br>DAN ISI | 10000                         | 60000        | 4650        | 0            |

3. Perhitungan titik pusat massa *lightship* kapal isap pasir dan dalam kondisi ladder up berdasarkan data titik pusat *lightship* kapal isap awal dikurangi dengan peralatan yang dikurangi atau digantikan di tambah dengan peralatan tambahan. Dengan menggunakan metode perhitungan momen, maka didapatkan berat dan titik pusat massa *lightship* kapal isap pasir yang telah dimodifikasi kedalamannya menjadi 66 m seperti pada gambar 3 dengan hasil sebagai berikut:

- Berat kapal isap pasir dalam kondisi ladder up sebesar 311.907 kg
- Posisi titik massa yang diukur dari titik 0,0,0 sejauh 32.807 mm arah longitudinal
- Posisi titik massa yang diukur dari titik 0,0,0 sejauh 2.727 mm arah vertikal
- Posisi titik massa yang diukur dari titik 0,0,0 sejauh -66 mm arah transversal



Keterangan gambar:

PS = Portside Stern

SS = Starboard Stern

PB = Portside Bow

SB = Starboard Bow

AP = Aft Perpendicular

FP = Forward Perpendicular

**Gambar 3. Posisi koordinat ponton kapal isap pasir modifikasi**

4. Perhitungan stabilitas *lightship* kapal isap pasir berdasarkan data yang didapatkan, dapat dilihat pada tabel 4.

**Tabel 4. Data stabilitas kapal isap pasir dengan kedalaman 66 m dalam kondisi ladder up**

| Kriteria                            | Satuan          | Nilai     |
|-------------------------------------|-----------------|-----------|
| Draft Amidsh. mm                    | mm              | 629       |
| Displacement kg                     | kg              | 311887    |
| Heel to Starboard degrees           | °               | -0,2      |
| Draft at FP mm                      | mm              | 991       |
| Draft at AP mm                      | mm              | 267       |
| Draft at LCF mm                     | mm              | 628       |
| Trim (+ve by stern) mm              | mm              | -724      |
| WL Length mm                        | mm              | 50027     |
| WL Beam mm                          | mm              | 12000     |
| Wetted Area mm <sup>2</sup>         | mm <sup>2</sup> | 610731504 |
| Waterpl. Area mm <sup>2</sup>       | mm <sup>2</sup> | 506723400 |
| Prismatic Coeff.                    |                 | 0,792     |
| Block Coeff.                        |                 | 0,544     |
| Midship Area Coeff.                 |                 | 0,98      |
| Waterpl. Area Coeff.                |                 | 0,844     |
| LCB from zero pt. mm                | mm              | 32835     |
| LCF from zero pt. mm                | mm              | 28924     |
| KB mm                               | mm              | 347       |
| KG mm                               | mm              | 2727      |
| BMt mm                              | mm              | 23346     |
| BML mm                              | mm              | 341521    |
| GMt mm                              | mm              | 20966     |
| GML mm                              | mm              | 339141    |
| KMt mm                              | mm              | 23693     |
| KML mm                              | mm              | 341868    |
| Immersion (TPC)                     | ton/cm          | 5,2       |
| tonne/cm                            |                 |           |
| MTc tonne.m                         | ton.m           | 18        |
| RM at 1deg                          | kg.mm           | 114119325 |
| GMt.Disp.sin(1) kg.mm               |                 |           |
| Max deck inclination deg            | °               | 0,7       |
| Trim angle (+ve by stern) deg       | °               | -0,7      |
| Freeboard rata-rata                 | mm              | 2571      |
| Freeboard rata-rata starboard bow   | mm              | 2190      |
| Freeboard rata-rata port bow        | mm              | 2227      |
| Freeboard rata-rata starboard stern | mm              | 2914      |
| Freeboard rata-rata port stern      | mm              | 2951      |

5. Perbandingan stabilitas dengan standar Internasional *Maritiem Organization (IMO)* berdasarkan data yang dihitung berdasarkan *software maxsure*<sup>[3]</sup> didapatkan perbandingan sebagai berikut bahwa:

- Untuk kode IMO A.749(18) Ch3 -Design criteria applicable to all ships section 3.1.2.2 dengan kriteria besar lengan pengembali  $GZ \geq 200$  mm tidak teranalisa.

- Untuk kode IMO A.749(18) Ch3 - *Design criteria applicable to all ships section 3.1.2.3* dengan kriteria sudut maksimum  $GZ \geq 25^\circ$ , sudut GZ yang terjadi sebesar  $15,8^\circ$ . Hal ini menunjukkan bahwa kapal isap pasir modifikasi kedalaman 66 mm lebih rendah dibandingkan dengan kapal isap pasir yang ada dengan kedalaman 40 m. Sehingga kriteria sudut GZ belum memenuhi standar yang dipersyaratkan oleh IMO. Kondisi ini akan menyebabkan kemiringan kapal arah transversal (*heel*) kembali ke posisi tegaknya/semula tidak terpenuhi.
- Untuk kode IMO A.749(18) Ch3 - *Design criteria applicable to all ships section 3.1.2.4* dengan kriteria nilai  $(GM_t) \geq 150$  mm, nilai yang didapatkan sebesar 20922,3mm yang berarti jika di tinjau dari titik metasentrik arah transversal memenuhi standar yang ditetapkan oleh IMO.

## KESIMPULAN

Dari hasil di atas dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Stabilitas kapal isap modifikasitidak jauh berbeda dibandingkan dengan kapal isap pasir yang ada.
2. Ditinjau dari *heel to starboard* menunjukkan bahwa kapal akan condong mengalami

kemiringan ke arah port kapal sehingga perlu dilakukan modifikasi penempatan peralatan ke arah stboard kapal.

3. Untuk sudut lengan pengembali GZ tidak memenuhi standar IMO
4. Untuk memodifikasi kapal isap pasir dari kedalaman 40 m menjadi 66 m tidak hanya mengatur posisi peralatan baik di atas maupun di dalam ponton, namun perlu dilakukan modifikasi ponton dengan melakukan penambahan panjang ponton dan merelokasi posisi struktur *ladder*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Firlya Rosa, "Analisis Awal Kestabilan Ponton Kapal Isap Pasir Kedalaman 40 M", Jurnal Manutech Vol. 7 No. 1, Juni 2015, (Hal 51-55), ISSN : 2089-5550
- [2]Antonim,"International Maritime Organization", I. L. (n.d.). Lloyd's Register.
- [3]Antonim, "Hidromax Windows Version 11.1 User Manual", Formation Design Systems, 2005.