



SKRIPSI - ME 141501

**PERENCANAAN SISTEM MEKANIS PENGATUR
STABILITAS KAPAL BARGE PENGANGKUT LUMPUR
SAAT MELAKUKAN PROSES UNLOADING**

Mohammad Rosario Zamzami
NRP 4212 100 069

Dosen Pembimbing :

1. Ir. Agoes Santoso M.Sc., Mphil., Ceng., FIMarEST., MRINA
2. Ir. Amiadji M.M, M.Sc

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016



FINAL PROJECT - ME 141501

**MECHANICAL STABILITY CONTROL SYSTEM
PLANNING BARGE CARRYING MUD DURING THE
PROCESS OF UNLOADING**

Mohammad Rosario Zamzami
NRP 4212 100 069

Supervisor :

1. Ir. Agoes Santoso M.Sc., Mphil., Ceng., FIMarEST., MRINA
2. Ir. Amiadji M.M, M.Sc

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
FACULTY OF OCEAN TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUT OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2016

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN SISTEM MEKANIS PENGATUR STABILITAS KAPAL BARGE PENGANGKUT LUMPUR SAAT MELAKUKAN PROSES UNLOADING

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Marine Manufacturing & Design* (MMD)
Program Studi S1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

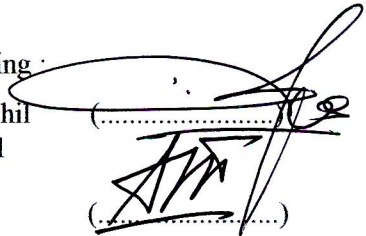
Mohammad Rosario Zamzami

NRP. 4212 100 069

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing :

1. Ir. Agoes Santoso, MSc., MPhil
NIP. 1968 0928 1991 02 1001
2. Ir. Amiadji, M.M., M.Sc
NIP. 1961 0324 1988 03 1001



(.....)

(.....)

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN SISTEM MEKANIS PENGATUR STABILITAS KAPAL BARGE PENGANGKUT LUMPUR SAAT MELAKUKAN PROSES UNLOADING

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Marine Manufacturing & Design* (MMD)
Program Studi S1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Mohammad Rosario Zamzami

NRP. 4212 100 069

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan :



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.

NIP. 19570802 2008 01 1007

PERENCANAAN SISTEM MEKANIS PENGATUR STABILITAS KAPAL BARGE PENGANGKUT LUMPUR SAAT MELAKUKAN PROSES UNLOADING

Nama Mahasiswa : Mohammad Rosario Zamzami
NRP : 4212 100 0969
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Agoes Santoso MSc., MPhil.,
Ceng., FIMarEST., MRINA
2. Ir. Amiadjie M.M, MSc.

ABSTRAK

Stabilitas kapal adalah kemampuan kapal untuk kembali pada posisi semula dari suatu keolengan atau kemiringan disebabkan gangguan atau gaya dari luar maupun dari dalam kapal itu sendiri. Pada perencanaan sistem mekanis untuk kapal barge pengangkut lumpur digunakan standar stabilitas kapal yang ditentukan oleh IMO. Dari hasil perhitungan distribusi beban didapatkan nilai LCG : 22,8 m dari AP, VCG : 0,039 m dari CL dan TCG : 0. Untuk kebutuhan air ballast yang berfungsi untuk mengatur stabilitas kapal saat unloading membutuhkan 106,87 m³ kebutuhan tersebut sudah termasuk dengan penambahan 2% akibat ekspansi karena panas dan konstruksi di *double bottom*. Daya yang dibutuhkan motor untuk menarik pintu dalam kondisi tertutup lagi setelah melakukan proses unloading adalah 844,61 HP.

Kata Kunci : Stabilitas, Unloading, Ballast

MECHANICAL STABILITY CONTROL SYSTEM OF BARGE CARRYING MUD DURING THE PROCESS OF UNLOADING

Nama Mahaiswa : Mohammad Rosario Zamzami
NRP : 4212 100 0969
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Agoes Santoso MSc., MPhil.,
Ceng., FIMarEST., MRINA
2. Ir. Amiadjie M.M, MSc.

ABSTRACT

The stability of the ship is the ability to ship back in its original position of the slope caused the disruption or style from the outside or from within the ship itself. On the planning of mechanical system for mud barge used ship stability standard determined by the IMO. Load distribution calculation of the results obtained by the value of the LCG: 22.8 m. from AP, VCG: 0.039 m from CL and TCG: 0. For the needs of water ballast which serves to regulate the stability of the ship while unloading membuthkan 106.87 m³ of those needs is included with the addition of 2% due to thermal expansion pack and construction in the double bottom. Power motor in need to pull the door in a closed condition again after doing the unloading process is 844,61 HP.

Keywords : Stability, Unloading, Ballast

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	v
LEMBAR PENGESAHAN KETUA JURUSAN	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	1
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penulisan	3
1.5 Manfaat Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Stabilitas	5
2.1.1 Macam-macam Keadaan Stabilitas	9
2.2 Persyaratan Stabilitas Kapal Menurut IMO.....	11
2.3 Perhitungan Stabilitas Kapal	12
2.4 Gerakan Kapal	12
2.5 Peraturan Menteri Perhubungan	14
2.6 Sistem Ballast	15
2.7 Software Pendukung	16
2.7.1 Auto CAD 2007.....	16
2.7.2 Maxsurf Pro	18
2.7.3 Hydrommax Pro	18
2.8 Denah Lokasi Pengoperasian Barge Pengangkut Lumpur	19
2.7 Desain Barge Pengangkut Lumpur	20

BAB III METODOLOGI

3.1	Flowchart Tahapan Penelitian	21
3.2	Deskripsi Tahapan Penelitian	21
3.2.1	Identifikasi dan Perumusan Masalah	21
3.2.2	Studi Literatur	21
3.2.3	Pengumpulan Data	22
3.2.4	Perhitungan dan Desain	22
3.2.5	Pengambilan Kesimpulan dan Saran.....	22

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1	Data Kapal	25
4.2	Pemodelan Pada <i>Software Maxsurf</i>	26
4.3	Perencanaan Distribusi Beban	27
4.4	Perencanaan Perhitungan Kebutuhan Air Ballast dan Peletakan Tanki	28
4.5	Kebutuhan Pompa Ballast	30
4.6	Analisa Perhitungan Stabilitas.....	35
4.7	Hasil Perhitungan Stabilitas Awal Kapal	36
4.8	Hasil Perhitungan Stabilitas Kapal Saat Unloading	39
4.9	Kebutuhan Motor Untuk Pembuka dan Penutup Pintu Unloading	40
4.10	Desain Pintu Pembuangan Lumpur	42

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan.....	45
5.2	Saran.....	46

DAFTAR PUSTAKA	47
-----------------------------	----

LAMPIRAN	48
-----------------------	----

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Data Hidrostatik Kapal Barge Pengangkut Lumpur	24
Tabel 4.2 Peletakan Komponen Komponen yang ada di Kapal.....	25
Tabel 4.3 Asesoris yang terdapat pada sisi suction.....	33
Tabel 4.4 Asesoris yang terdapat pada sisi discharge	33
Tabel 4.5 Hasil Analisis Stabilitas Awal Kapal Menurut IMO.....	36
Tabel 4.5 Hasil Analisis Stabilitas Saat Unloading Menurut IMO.....	38

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Titik – titik pada kapal9
Gambar 2.2	Kondisi stabilitas positif10
Gambar 2.3	Kondisi stabilitas netral10
Gambar 2.4	Kondisi stabilitas negatif11
Gambar 2.5	Gerakan linier kapal.....13
Gambar 2.6	Gerakan rotasi kapal14
Gambar 2.7	Lokasi PLTU Suralaya19
Gambar 2.8	Desain kapal barge pengangkut lumpur.....20
Gambar 3.1	Tahapan Flowcart23
Gambar 4.1	Side View dan Fore View dari Kapal Pengangkut Lumpur.....25
Gambar 4.2	Top View Main Deck dari Kapal Pengangkut Lumpur25
Gambar 4.3	Top View Double Bottom dari Kapal Pengangkut Lumpur.....26
Gambar 4.4	Bentuk 3 Dimensi dari Kapal Barge Pengangkut Lumpur.....26
Gambar 4.5	Peletakan Tanki Ballast dari pandangan samping.....30
Gambar 4.6	Peletakan Tanki Ballast dari pandangan atas.....30
Gambar 4.7	Key Plan Sistem Ballas.....35
Gambar 4.8	Desain Pintu Unloading Lumpur43
Gambar 4.9	Detail Pengunci Pintu Unloading Lumpur.....43

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Barge atau tongkang sering digunakan sebagai kapal pengangkut barang-barang yang berat dan dalam jumlah yang banyak. Muatan yang besar ini bisa tercapai karena bentuk lambung barge adalah datar. Barang-barang yang diangkut oleh kapal barge yaitu bahan-bahan hasil tambang, berikut juga alat-alat pertambangan. Kapal barge dibuat hanya kosntruksinya saja tanpa memiliki mesin pendorong dan sebagai penariknya digunakan *tugboat* (Kapal Tunda). Agar kapal menjadi lebih stabil, biasanya dipakai 2 buah barge yang dihubungkan secara sejajar.

Barge yang akan dibahas ini adalah barge yang akan digunakan untuk menampung lumpur hasil pengerukan pelabuhan milik PT Indonesia Power. Barge ini akan ditempatkan pada unit yang di kelola oleh PT Indonesia Power. Pada setiap unit yang dikelola tersebut memiliki pelabuhan, dimana disalah satu pelabuhan memiliki kedalaman yang berbeda dibandingkan dengan kedalaman di pelabuhan yang lain.

Untuk permasalahan ditugas akhir ini, penulis menganalisa permasalahan yang bisa ditimbulkan sewaktu mengeluarkan muatan (*unloading*) yang dilakukan dengan cara membuka pintu yang berada pada bagian dasar kapal. Hal ini sangat berpengaruh dengan stabilitas kapal. Maka dari itu pemilihan cara untuk proses unloading yang terbaik akan menjadi solusi untuk menjaga kondisi kapal tetap stabil dan merencanakan sistem mekanis pengatur stabilita kapal barge.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang timbul berdasarkan analisa stabilitas kapal barge pengangkut lumpur ini adalah kondisi kapal layak atau tidak untuk melakukan proses unlodaing dan merancang

sistem mekanis berupa penempatan tanki ballast pada kapal tersebut.

Pada pengerjaan skripsi tentang perencanaan sistem mekanis oengatur stabilitas kapal, mencangkup beberapa bagian antara lain adalah :

1. Bagaimana rancangan sistem ballast untuk pengatur stabilitas kapal ?
2. Menganalisa stabilita kapal pada saat melakukan proses unloading ?
3. Berapa kebutuhan daya untuk motor pembuka maupun penutup proses unloading ?
4. Bagaimana rancangan pintu pembuka untuk proses unloading ?

1.3 Batasan Masalah

Untuk menegaskan dan lebih memfokuskan permasalahan Tugas Akhir ini, maka akan dibatasi permasalahan-permasalahan yang akan dibahas sebagai berikut :

1. Kajian stabilitas ini hanya akan di implementasikan untuk kasus bongkar (*unloading*) lumpur di pelabuhan Suralaya milik PT Indonesia Power.
2. Pembahasan masalah ini hanya akan mencangkup unloading lumpur pada barge. Pembahasan ini tidak membahas kondisi kestabilan barge pada saat berlayar dari tempat pengerukan ke tempat pembuangan lumpur.
3. Kajian ini tidak membahas tentang segi ekonomis.
4. Batasan-batasan dimensi dari barge adalah :
 - a. Loa = 41,00 m
 - b. B = 13,00 m
 - c. H = 3,10 m
 - d. T = 1,75 m

- e. V = 5 Knot
- f. Barge Container Capacity = 700 Ton
- g. Winch for Bottom Door = 2 x 2 Ton

1.4 Tujuan Penulisan

Dari latar belakang yang telah dijelaskan diatas, maka dapat ditentukan bahwa tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Merencanakan sistem ballast pada kapal barge pengangkut lumpur ini.
2. Menganalisa kestabilan kapal saat melakukan unloading lumpur di perairan.
3. Merencanakan daya yang dibutuhkan motor pembuka maupun penutup proses unloading
4. Merencanakan bentuk pintu pembuangan lumpur.

1.5 Manfaat Penulisan

Dari pembahasan Tugas Akhir ini diharapkan dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan. Adapun manfaat yang bisa diperoleh antara lain :

1. Dapat sebagai referensi bagi PT. Indonesia Power dalam menanggapi permasalahan unloading muatan pada barge lumpur.
2. Dapat menentukan rancangan/desain sistem ballast
3. Dapat menentukan daya motor pembuka maupun penutup proses unloading.
4. Dapat menentukan desain pintu pembuangan lumpur

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Stabilitas

Stabilitas adalah keseimbangan dari kapal, merupakan sifat atau kecenderungan dari sebuah kapal untuk kembali kepada kedudukan semula setelah mendapat senget (kemiringan) yang disebabkan oleh gaya-gaya dari luar (Rubianto, 1996). Sama dengan pendapat Wakidjo (1972), bahwa stabilitas merupakan kemampuan sebuah kapal untuk menegak kembali sewaktu kapal menyenget oleh karena kapal mendapatkan pengaruh luar, misalnya angin, ombak dan sebagainya.

Secara umum hal-hal yang mempengaruhi keseimbangan kapal dapat dikelompokkan kedalam dua kelompok besar yaitu:

- a. Faktor internal yaitu tata letak barang/cargo, bentuk ukuran kapal, kebocoran karena kandas atau tubrukan
- b. Faktor eksternal yaitu berupa angin, ombak, arus dan badai

Oleh karena itu maka stabilitas erat hubungannya dengan bentuk kapal, muatan, draft, dan ukuran dari nilai GM. Posisi M (Metacenter) hampir tetap sesuai dengan style kapal, pusat buoyancy B (Bouyancy) digerakkan oleh draft sedangkan pusat gravitasi bervariasi posisinya tergantung pada muatan. Sedangkan titik M (Metacenter) adalah tergantung dari bentuk kapal, hubungannya dengan bentuk kapal yaitu lebar dan tinggi kapal, bila lebar kapal melebar maka posisi M (Metacenter) bertambah tinggi dan akan menambah pengaruh terhadap stabilitas.

Kaitannya dengan bentuk dan ukuran, maka dalam menghitung stabilitas kapal sangat tergantung dari beberapa ukuran pokok yang berkaitan dengan dimensi pokok kapal. Ukuran-ukuran pokok yang menjadi dasar dari pengukuran

kapal adalah panjang (length), lebar (breadth), tinggi (depth) serta sarat (draft). Sedangkan untuk panjang di dalam pengukuran kapal dikenal beberapa istilah seperti LOA (Length Over All), LBP (Length Between Perpendicular) dan LWL (Length Water Line). Beberapa hal yang perlu diketahui sebelum melakukan perhitungan stabilitas kapal yaitu :

1. Berat benaman (isi kotor) atau displasemen adalah jumlah ton air yang dipindahkan oleh bagian kapal yang tenggelam dalam air.
2. Berat kapal kosong (Light Displacement) yaitu berat kapal kosong termasuk mesin dan alat-alat yang melekat pada kapal.
3. Operating Load (OL) yaitu berat dari sarana dan alat-alat untuk mengoperasikan kapal dimana tanpa alat ini kapal tidak dapat berlayar.

$$\text{Displ} = \text{LD} + \text{OL} + \text{Muatan}$$

$$\text{DWT} = \text{OL} + \text{Muata}$$

Dilihat dari sifatnya, stabilitas atau keseimbangan kapal dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu satbilias statis dan stabilitas dinamis. Stabilitas statis diperuntukkan bagi kapal dalam keadaan diam dan terdiri dari stabilitas melintang dan membujur.

Stabilitas melintang adalah kemampuan kapal untuk tegak sewaktu mengalami senget dalam arah melintang yang disebabkan oleh adanya pengaruh luar yang bekerja padanya, sedangkan stabilitas membujur adalah kemampuan kapal untuk kembali ke kedudukan semula setelah mengalami senget dalam arah yang membujur oleh adanya pengaruh luar yang bekerja padanya.

Stabilitas melintang kapal dapat dibagi menjadi sudut senget kecil (00-150) dan sudut senget besar (>150). Akan tetapi untuk stabilitas awal pada umumnya diperhitungkan

hanya hingga 150 dan pada pembahasan stabilitas melintang saja.

Sedangkan stabilitas dinamis diperuntukkan bagi kapalkapal yang sedang oleng atau mengguguk ataupun saat menyenget besar. Pada umumnya kapal hanya menyenget kecil saja. Jadi senget yang besar, misalnya melebihi 200 bukanlah hal yang biasa dialami. Senget-senget besar ini disebabkan oleh beberapa keadaan umpamanya badai atau oleng besar ataupun gaya dari dalam antara lain GM yang negatif.

Dalam teori stabilitas dikenal juga istilah stabilitas awal yaitu stabilitas kapal pada senget kecil (antara 00–150). Stabilitas awal ditentukan oleh 3 buah titik yaitu titik berat (Center of gravity) atau biasa disebut titik G, titik apung (Center of buoyance) atau titik B dan titik meta sentris (Metacenter) atau titik M.

Menurut teori Hind (1967), titik penting yang dapat mempengaruhi stabilitas Antara lain.

1. Titik berat (*center of gravity*)

Dikenal dengan titik G dari sebuah kapal, merupakan titik tangkap dari semua gaya-gaya yang menekan ke bawah terhadap kapal. Letak titik G ini di kapal dapat diketahui dengan meninjau semua pembagian bobot di kapal, makin banyak bobot yang diletakkan di bagian atas maka makin tinggilah letak titik G-nya. Secara definisi, titik berat (G) ialah titik tangkap dari semua gaya-gaya yang bekerja ke bawah. Letak titik G pada kapal kosong ditentukan oleh hasil percobaan stabilitas. Perlu diketahui bahwa, letak titik G tergantung daripada pembagian berat di kapal. Jadi selama tidak ada berat yang di geser/ditambah/dikurangi, titik G tidak akan berubah walaupun kapal oleng atau mengguguk/trim.

2. Titik apung (*center of buoyance*)

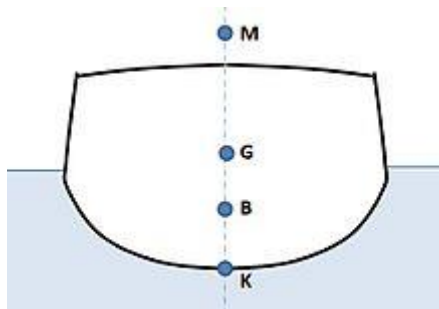
Dikenal dengan titik B dari sebuah kapal, merupakan titik tangkap dari resultan gaya-gaya yang menekan tegak ke atas dari bagian kapal yang terbenam dalam air. Titik tangkap B bukanlah merupakan suatu titik yang tetap, akan tetapi akan berpindah-pindah oleh adanya perubahan sarat dari kapal. Dalam stabilitas kapal, titik B inilah yang menyebabkan kapal mampu untuk tegak kembali setelah mengalami senget. Letak titik B tergantung dari besarnya senget kapal (bila senget berubah maka letak titik B akan berubah / berpindah. Bila kapal menyenget titik B akan berpindah kesisi yang rendah.

3. Titik metasentris

Dikenal dengan titik M dari sebuah kapal, merupakan sebuah titik semu dari batas di mana titik G tidak boleh melewati di atasnya agar supaya kapal tetap mempunyai stabilitas yang positif (stabil). Meta artinya berubah-ubah, jadi titik metasentris dapat berubah letaknya dan tergantung dari besarnya sudut senget. Apabila kapal senget pada sudut kecil (tidak lebih dari 15^0), maka titik apung B bergerak di sepanjang busur di mana titik M merupakan titik pusatnya di bidang tengah kapal (*centre of line*) dan pada sudut senget yang kecil ini perpindahan letak titik M masih sangat kecil, sehingga masih dapat dikatakan tetap.

4. Titik Keel (K) adalah titik pada lunas kapal

Stabilitas kapal terkait erat dengan distribusi muatan dan perhitungan nilai lengan penegak (GZ). Perbedaan distribusi muatan yang terjadi pada setiap kondisi muatan akan mengakibatkan terjadinya perubahan nilai KG, yaitu jarak vertikal Antara titik K (keel) dan titik G (*centre of grafity*) yang selanjutnya akan mempengaruhi nilai lengan penegak (GZ) yang terbentuk.



Gambar 2.1 Titik-titik pada Kapal

Stabilitas kapal bergantung pada beberapa faktor. Antara lain, dimensi kapal, bentuk badan kapal yang tercelup didalam air, distribusi benda-benda di atas kapal dan sudut kemiringan kapal terhadap bidang horizontal.

Posisi M (*metacenter*) hampir tetap sesuai dengan jenis kapal. Pusat B (*buoyancy*) digerakan oleh draft, sedangkan pusat gravitasi bervariasi posisinya tergantung pada muatan. Sedangkan titik M adalah tergantung dari bentuk kapal, hubungannya dengan bentuk kapal yaitu lebar dan tinggi kapal, bila lebar kapal melebar maka posisi M bertambah tinggi dan akan menambah pengaruh terhadap stabilitas. Kaitanya dengan bentuk dan ukuran, maka dalam menghitung stabilitas kapal sangat dengan dimensi utama kapal.

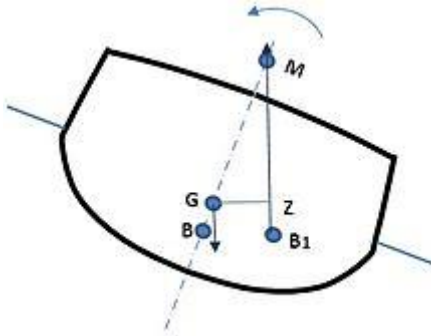
2.1.1 Macam-macam Keadaan Stabilitas

Stabilitas ada tiga macam yaitu stabilitas positif (*stable equilibrium*), stabilitas netral (*neutral equilibrium*) dan stabilitas negatif (*unstable equilibrium*).

1. Stabilitas Positif (*Stable Equilibrium*)

Berdasarkan dari gambar 2.1 menyatakan bahwa suatu stabilitas positif adalah stabilitas kapal dimana titik G

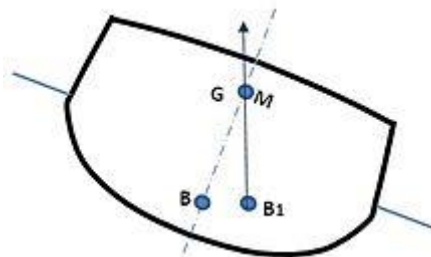
berada dibawah titik M. Penyebabnya yaitu penempatan muatan dibagian bawah lebih besar dibandingkan penempatan muatan dibagian atas



Gambar 2.2 Kondisi Stabilitas Positif

2. Stabilitas Netral (*Neutral Equilibrium*)

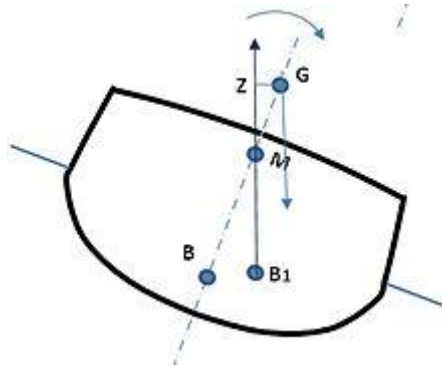
Berdasarkan dari gambar 2.3 menyatakan bahwa suatu stabilitas netral adalah stabilitas kapal dimana titik G berimpit dengan titik M.



Gambar 2.3 Kondisi Stabilitas Netral

3. Stabilitas Negatif (*Unstable Equilibrium*)

Berdasarkan dari gambar 2.4 menyatakan bahwa suatu stabilitas negatif adalah stabilitas kapal dimana titik G berada di atas titik M. Penyebabnya yaitu penempatan muatan dibagian bawah lebih kecil dibandingkan penempatan muatan di bagian atas.



Gambar 2.4 Kondisi Stabilitas Negatif

2.2 Persyaratan Stabilitas Kapal Menurut IMO

Sebagai persyaratan yang wajib, tentunya stabilitas kapal harus mengacu pada standar yang telah ditetapkan oleh Biro Klasifikasi setempat atau *Marine Authority* seperti *International Maritime Organisation* (IMO). Jadi proses analisa stabilitas yang dilakukan harus berdasarkan dengan standar IMO (*International Maritime Organization*) Kode A 749 Chapter 2 poin 2.4.5 yang mensyaratkan ketentuan-ketentuan sebagai berikut:

1. Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.1 :
 - a. Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng 0° – 30° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 3,151 m.deg.
 - b. Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng 0° – 40° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 5,157 m.deg.
 - c. Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng 30° – 40° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 1,719 m.deg.
2. Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.2 : nilai GZ maksimum yang terjadi pada sudut 30° – 180° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 0,2 m.

3. Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.3 : sudut pada nilai GZ maksimum tidak boleh kurang atau sama dengan 25° (deg)
4. Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.4 : nilai GM awal pada sudut 0° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 0,15 m.

2.3 Perhitungan Stabilitas Kapal

Terdapat 2 perhitungan stabilitas untuk kapal, yaitu intact stability dan damage stability:

1. *Intact stability*

Intact Stability adalah perhitungan stabilitas kapal utuh (tidak bocor) yang dihitung pada beberapa kondisi tangki untuk tiap-tiap derajat kemiringan kapal. Perhitungan *intact stability* dilakukan untuk mengetahui kemampuan kapal kembali pada posisi kesetimbangannya setelah mengalami kemiringan.

2. *Damage stability*

Damage stability adalah perhitungan kapal bocor (*damage*) yang dihitung pada beberapa kondisi untuk tiap-tiap derajat kemiringan. Perhitungan *damage stability* ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan kapal untuk menahan kebocoran agar tetap stabil ketika lambung kapal rusak / bocor.

2.4 Gerakan Kapal

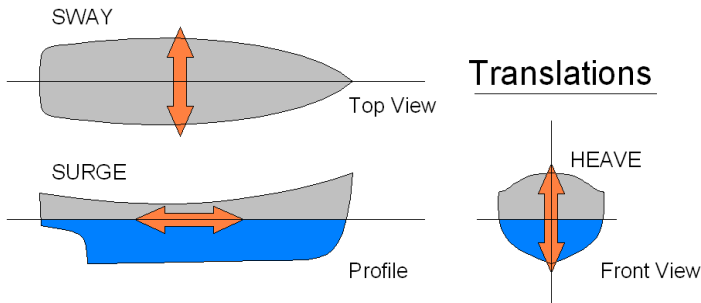
Gerakan kapal dibagi menjadi 2 macam, yaitu gerakan secara linier dan rotasi. Gerakan linier, yaitu gerakan kapal yang bersumbu pada sebuah garis dengan gerakan linier. Sedangkan gerakan rotasi kapal adalah gerakan berputar kapal yang bersumbu pada suatu garis. Berikut pembagian gerakan linier dan gerakan rotasi kapal beserta gambarnya.

1. Gerakan Linier Kapal

Heaving :Gerakan kapal secara linier ke arah atas dan bawah.

Swaying :Gerakan kapal secara linier ke arah sisi samping kapal, portside dan starboard kapal.

Surging :Gerakan kapal secara linier ke arah after dan fore kapal.



Gambar 2.5 Gerakan Linier Kapal

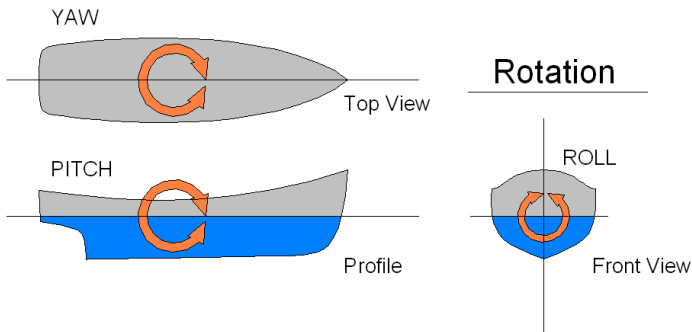
2. Gerakan Rotasi Kapal

Yawing :Gerakan rotasi kapal yang berputar ke arah fore dan after kapal secara *top view*.

Pitching :Gerakan rotasi kapal yang berputar ke arah fore dan after kapal secara *side view*.

Rolling :Gerakan rotasi kapal yang berputar ke arah sisi samping kapal portside dan starboard kapal.

Pada pembahasan ini akan lebih di titik beratkan pada perhitungan gerakan rotasi kapal secara *pitching* dan *rolling*. Alasan Utama menggunakan sistem stabilisasi rolling pada kapal adalah untuk mencegah kerusakan kapal dan untuk meningkatkan efektifitas penumpang.



Gambar 2.6 Gerakan Rotasi Kapal

Dari sudut pandang keamanan dapat diketahui bahwa gerakan *roll* yang besar menyebabkan peluang kesalahan pengemudi semakin besar seperti akurasi penembakan, pendaratan helikopter dan kenyamanan penumpang selama pelayaran. Oleh karena itu stabilitas *rolling* pada kapal patrol merupakan bagian yang sangat penting untuk kapal beroperasi secara optimal.

2.5 Peraturan Menteri Perhubungan

Pembuangan hasil pengerukan tidak bisa dilakukan di sembarang tempat. Hal ini sudah diatur dalam Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 52 Tahun 2011 Pasal 6 Ayat (1) adalah :

1. Lokasi pembuangan telah memenuhi ketentuan sebagaimana yang diatur dalam pasal 5 ayat (5);
2. kedalaman lebih dari 20 (dua puluh) meter Lws; dan/ atau
3. Jarak dari garis pantai lebih dari 12 (dua belas) Mil.

Peraturan pemerintah Nomor 52 Tahun 2011 pasal 5 ayat (5) adalah :

1. Lokasi pembuangan hasil keruk (*dumping area*) dengan persyaratan tidak diperbolehkan di :
 - a. Salur pelayaran;
 - b. Kawasan lindung
 - c. Kawasan suaka alam
 - d. Taman nasional
 - e. Taman wisata alam
 - f. Kawasan cagar budaya dan ilmu pengetahuan
 - g. Sempadan pantai
 - h. Kawasan trumbu karang
 - i. Kawasan mangrove
 - j. Kawasan perikanan dan budidaya
 - k. Kawasan pemukiman
1. Daerah lain yang sensitif teradap pencemaran sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

2.6 Sistem Ballast

Sistem ballast adalah salah satu sistem untuk menjaga keseimbangan posisi kapal. Sistem ini ditujukan untuk menyesuaikan derajat kemiringan dan draft kapal, sebagai akibat dari perubahan muatan kapal sehingga stabilitas kapal dapat dipertahankan.

Tanki ballast yang terletak pada bagian double bottom memiliki fungsi untuk menjaga kestabilan kapal baik saat berlayar maupun saat kapal melakukan bongkar muat. Pada saat kondisi berlayar, tanki ballas dalam kondisi kosong, sedangkan saat kapal melakukan bongkar muat, tanki ballas akan diisi dengan air laut untuk mengatur stabilitas kapal.

Komponen komponen yang harus ada dalam sistem ballas sendiri anatar lain :

1. Pompa Ballas

Pompa ballas harus ada dua, yang terdiri dari pompa utama dan pompa stand by yang berfungsi

untuk, jika terjadi kerusakan pada pompa utama, maka pompa stand by yang akan bekerja.

2. Pipa Ballas

Pipa ballas terdiri dari dua pipa, yaitu pipa cabang dan pipa utama.

3. Tanki Ballas

Tanki ballas berada pada double bottom atau berada pada double hull (khusus Tanker).

4. Katup

5. Overbord

Merupakan keluarnya air ballas ketika tanki ballas harus dikosongkan karena adanya muatan yang sudah di angkut oleh kapal. Peletakan overbord berada diatas *water line*.

6. Seacest

Merupakan sumber atau masuknya air laut untuk memenuhi kebutuhan air ballas dan berbagai sistem yang memerlukan air laut sebagai sumbernya. Seacest sendiri terdiri dari dua jenis, yang pertama adalah high seacchest dan low seachet. Untuk high sea chest digunakan pada saat kapal berlayar di perairan dangkal, sedangkan untuk yang low seacchest digunakan pada saat kapal berlayar di perairan dalam.

2.7 Software Pendukung

Dalam Pengerjaan tugas akhir ini tentang analisa stabilitas kapal barge penampung lumpur saat melakukan proses unloading dibutuhkan software pendukung untuk proses pengerjaanya. Jenis software yang digunakan adalah sebagai berikut:

2.7.1 AutoCAD 2007

AutoCAD adalah sebuah program CAD yang dikeluarkan oleh Autodesk, sebuah perusahaan pembuat software desain dari Amerika. CAD kependekan dari *Computer Aided Design* adalah program untuk merancang

atau menggambar teknik menggunakan komputer dengan tujuan untuk menghasilkan output rancangan yang memiliki tingkat akurasi tinggi dan dirancang dalam waktu yang singkat. Salah satu software CAD yang paling banyak digunakan oleh perusahaan maupun perorangan baik di bidang arsitektur, teknik mesin maupun bidang teknik lainnya adalah AutoCAD. AutoCAD merupakan program yang bersifat umum yang menawarkan berbagai kemudahan dalam menggambar, baik 2 dimensi maupun 3 dimensi. Semua kelemahan menggambar teknik secara manual dapat teratasi dengan AutoCAD. Beberapa kelebihan AutoCAD dalam menggambar teknik antara lain :

- a) Gambar yang dihasilkan mempunyai kualitas jauh lebih baik dibanding dengan hasil gambar manual karena gambar jauh lebih rapi dan presisi.
- b) Gambar desain yang dihasilkan mempunyai tingkat akurasi yang tinggi karena AutoCAD mempunyai tingkat presisi hingga tiga belas digit sehingga gambar lebih sempurna dan tepat ukurannya.
- c) Gambar yang dihasilkan akan terjamin kerapian dan kebersihannya karena sangat memungkinkan direvisi maupun pengeditan gambar untuk kesesuaian cetak yang dikehendaki.
- d) Bidang gambar kerja AutoCAD tidak terbatas sehingga memungkinkan untuk membuat gambar dengan ukuran yang sangat luas dan kompleks, tetapi dalam pencetakannya bisa dipilih bagian tertentu saja.
- e) Skala gambar yang dihasilkan fleksibel karena dapat mencetak gambar desain yang dihasilkan dengan jenis skala yang sangat variatif.
- f) Gambar yang dihasilkan bisa disimpan dengan cara yang sangat mudah, dimana hasil penyimpanan gambar tersebut bisa dibuka dengan *software* lain

serta di publikasikan untuk kerja antar tim bila diperlukan.

2.7.2 Maxsurf Pro

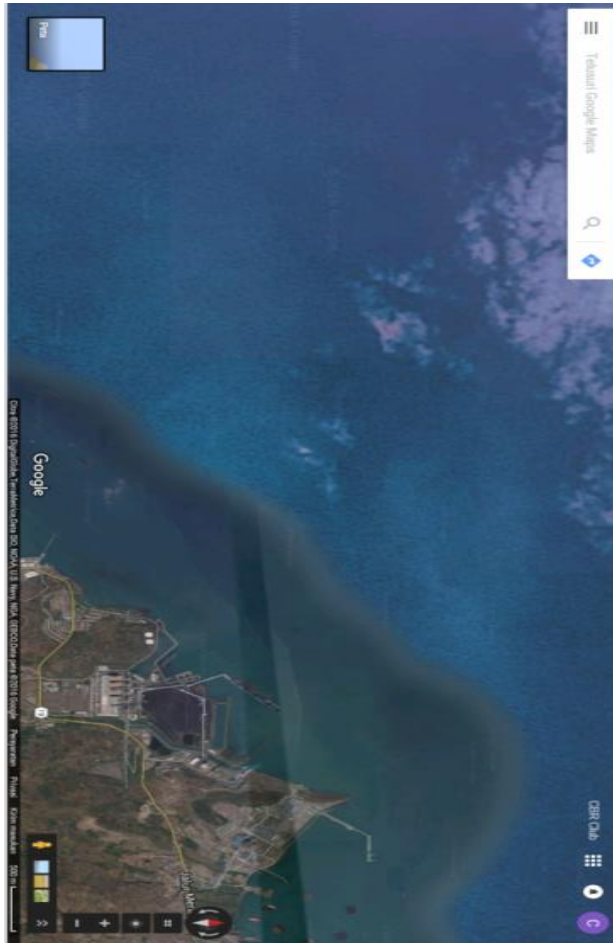
Maxsurf.Pro adalah program yang digunakan oleh *Marine Engineer* untuk membuat model (*Lines Plan*). Pembuatan *Lines Plan* ini merupakan kunci utama suksesnya perancangan desain sebelum model dilakukan analisa hidrodinamika, kekuatan struktur dan pendetailan lebih lanjut. Seringkali pembuatan model dan analisa ini selalu berubah karena ketidak sesuaian antara desain dan analisisnya, sehingga proses desain dapat digambarkan sebagai desain spiral yang saling menyempurnakan. Dasar pembangunan model pada Maxsurf.Pro menggunakan *surface* yang dapat ditarik dan dibentangkan sehingga bisa menjadi model yang utuh.

2.7.3 HydromaxPro

HydromaxPro adalah *software* analisa untuk kebutuhan *naval engineering*. Program ini menjadi satu kesatuan dengan program Maxsurf, tetapi pada HydromaxPro hanya dapat menjalankan analisa saja. Desain yang akan di analisa di dalam program ini harus sudah di desain pada *software* desain yang memungkinkan untuk nantinya di import di program Hydromax Pro ini. Beberapa analisa yang dapat dilakukan oleh program ini yaitu penghitungan kurva hidrostatik, penghitungan stabilitas kapal, penghitungan dan perencanaan tanki-tanki kapal, penghitungan kekuatan memanjang kapal, dan lain lain.

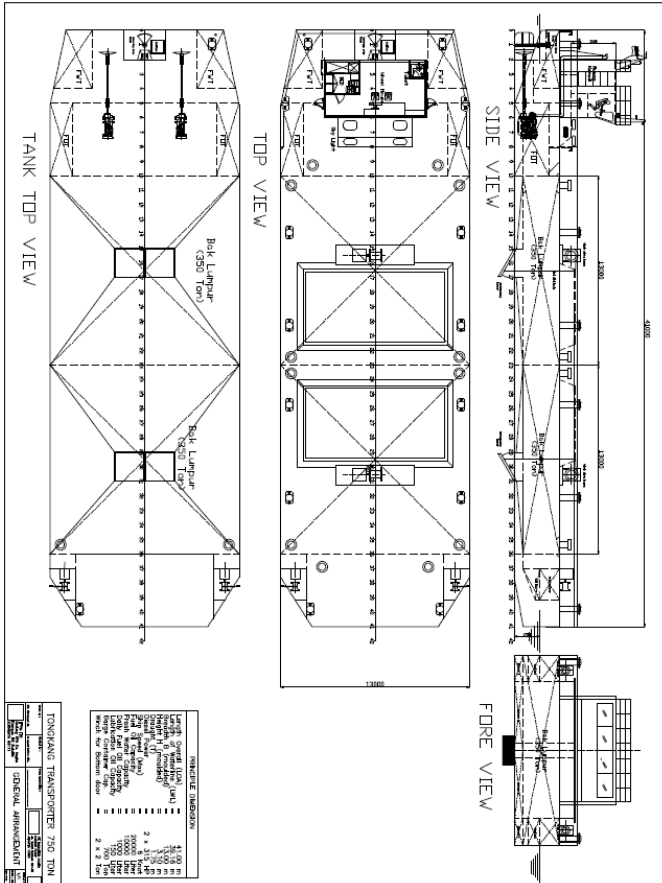
2.8 Denah Lokasi pengoperasian Barge Pengangkut Lumpur

Denah lokasi pengerukan dan lokasi pembuangan di sekitar PLTU Suralaya, Banten.



Gambar 2.7 : Lokasi PLTU Suralaya

2.9 Desain Barge pengangkut Lumpur



Gambar 2.8 : Desain Kapal Barge Pengangkut lumpur

BAB III METODOLOGI

Pada metodologi ini akan menggambarkan tentang proses pengerjaan tugas akhir mulai dari perhitungan stabilitas dan perencanaan sistem ballast untuk pengaturan stabilitas kapal. Standar yang digunakan untuk menentukan stabilitas kapal menggunakan standar IMO.

3.1 Flowchart Tahapan Penelitian

Penelitian adalah proses mempelajari, memahami, menganalisis dan memecahkan masalah berdasarkan fenomena yang ada dan juga merupakan rangkaian proses penyelesaian masalah secara sistematis. Agar penelitian dapat terlaksana dengan baik dan terarah diperlukan metode penelitian yang berisi langkah-langkah yang harus dilakukan dalam melakukan penelitian mulai tahapan identifikasi dan perumusan masalah sampai tahap akhir kesimpulan. Langkah-langkah dalam melakukan penelitian ini dapat dilihat pada flowchart berikut :

3.2 Deskripsi Tahapan Penelitian

3.2.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Langkah ini merupakan langkah awal dari penelitian, yaitu mencari masukan terhadap masalah yang diteliti melalui analisis. Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah merencanakan sistem mekanis pengatur stabilitas kapal barage saat melakukan proses unloading.

3.2.2 Studi Literatur

Pentingnya studi literatur ini adalah untuk memberikan dsar, acuan ataupun wacana bagi peneliti dalam penyelesaian masalah sehingga tercapai tujuan yang telah dirumuskan sebelumnya. Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan semua informasi yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan dengan cara pengumpulan berbagai sumber pustaka antara lain : dari buku, internet dan jurnal yang berhubungan dengan

penelitian meliputi perhitungan stabilitas kapal, perencanaan sistem ballast dan perencanaan daya motor penarik pintu unloading.

Kegiatan diskusi juga dilakukan oleh penulis dengan pihak yang kompeten di bidangnya yang berkaitan dengan penelitian ini. Diharapkan penelitian dapat dilakukan dengan benar dan sehingga hasilnya dapat memberikan sumbangan terhadap perkembangan bagi dunia industri dan ilmu pengetahuan.

3.2.3 Pengumpulan Data

Pada bab ini akan dijelaskan data-data yang dibutuhkan dalam penyusunan tugas akhir ini. Data-data yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari data spesifikasi yang telah ditentukan owner.

Data yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas akhir ini adalah :

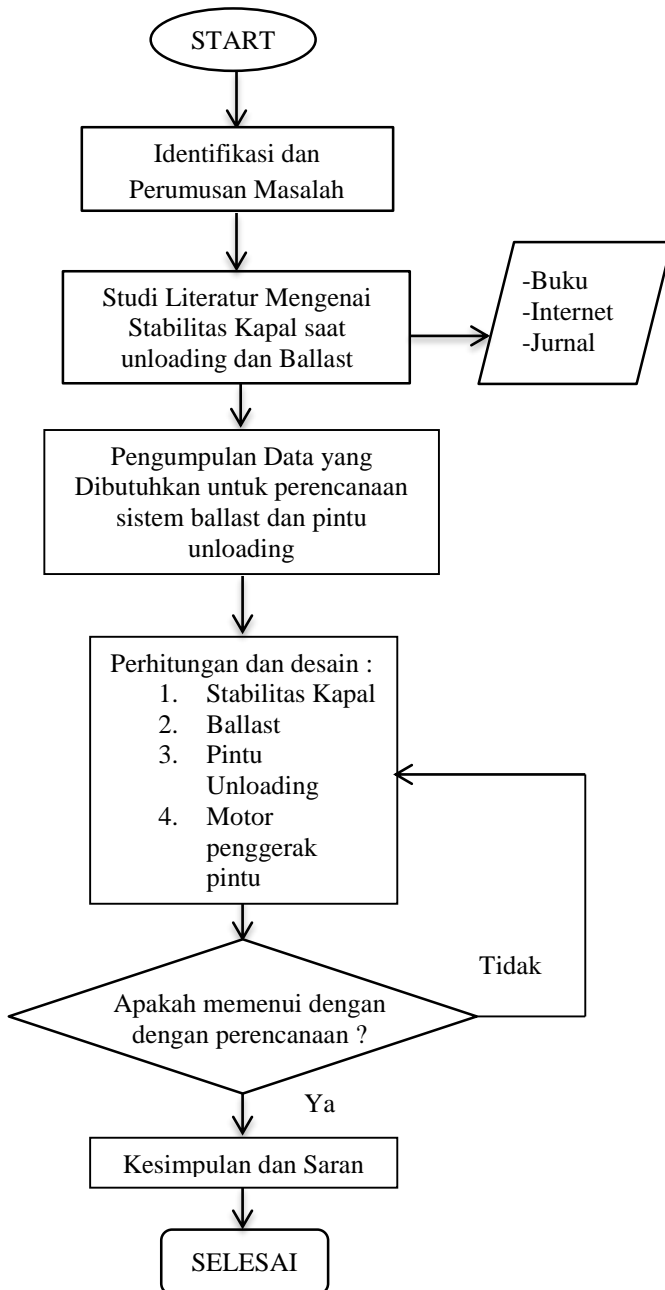
- a. Data kapal barge pengangkut lumpur 700 Ton
- b. Spesifikasi pompa ballast
- c. Spesifikasi motor penggerak

3.2.4 Perhitungan dan Desain

Pada tahap ini melakukan perhitungan stabilitas sesuai dengan standar IMO. Merencanakan sistem teknis pengatur stabilitas kapal menggunakan sistem ballast. Menghitung kebutuhan daya motor penggerak pintu untuk proses unloading. Merencanakan bentuk pintu unloading yang akan digunakan.

3.2.5 Pengambilan Kesimpulan dan Saran

Pada tahap akhir ini akan dibuat kesimpulan yang merupakan hasil akhir dari pengerjaan tugas akhir ini. Dan juga memberikan inti informasi penting dari seluruh pembuatan tugas akhir ini. Serta memberikan saran apa saja yang mungkin dapat membuat laporan tetnag keefektifan dari perencanaan teknis pengatur stabilitas kapal barge pengangkut lumpur.



Gambar 3.1 Tahapan Flowcart

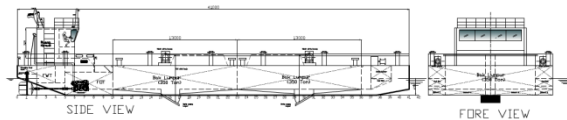
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Kapal

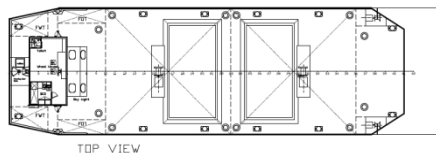
Data kapal yang akan digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah Kapal Barge Pengangkut Lumpur. Data kapal tersebut nantinya akan digunakan sebagai acuan untuk perbandingan sistem stabilitas kapal saat melakukan proses unloading lumpur. Gambar kapal yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.1 sampai Gambar 4.3 dengan data utama kapal sebagai berikut :

Principal Dimension

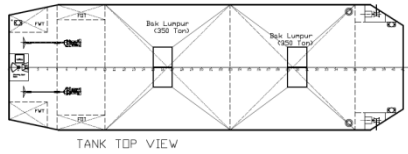
- *Length Ovel All (LOA)* : 41.00 meter
- *Length Water Line (LWL)* : 39.16 meter
- *Breadth (B)* : 13.00 meter
- *Height (mid) to main deck* : 3.10 meter
- *Draft (maximum)* : 1.75 meter
- *Ship Speed (maximum)* : 6 knot
- *Diesel Power* : 2 x 315 HP
- *Fuel Oil Capacity* : 20000 liter
- *Fresh Water Capacity* : 10000 liter
- *Daily Fuel Oil Capacity* : 1000 liter
- *Lubrication Oil Capacity* : 150 liter
- *Barge Container Capacity* : 700 ton
- *Winch For Bottom Door* : 2 x 2 ton



Gambar 4.1 Side View dan Fore View dari Kapal Pengangkut Lumpur



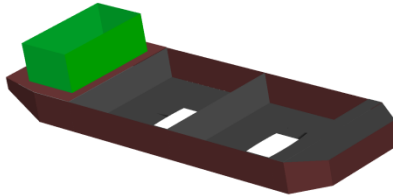
Gambar 4.2 Top View Main Deck dari Kapal Pengangkut Lumpur



Gambar 4.3 Top View Double Bottom dari Kapal Pengangkut Lumpur

4.2 Pemodelan Pada *Software Maxsurf*

Sebelum melakukan proses analisa pada hydromaxpro maka bentuk kapal harus dimodelkan terlebih dahulu pada software maxsurf. Model kapal sudah di dapat dari sumber. Bangunan atas yang perlu dimodelkan hanya pada navigation deck.



Gambar 4.4 Bentuk 3 Dimensi dari Kapal Barge Pengangkut Lumpur

Dari Pemodelan maxsurf tersebut maka didapatkan nilai hidrostatik kapal, berikut hasil hidrostatik kapal :

Tabel 4.1 Data Hidrostatik Kapal Barge Pengangkut Lumpur

No	Measurment	Value	Unit
1.	Displacement	749,239	Tonne
2.	Volume	721,428	m ³
3.	Draft Amidship	1,750	M
4.	Immareds Depth	1,750	M
5.	LWL	40,697	M
6.	Beam wl	13,00	M
7.	Wetted Area	710,594	m ²
8.	Max Sect. Area	22,750	m ²
9.	Waterplan Area	434,986	m ²
10.	Cp	0,769	
11.	Cb	0,769	

Tabel 4.1 Data Hidrostatik Kapal Barge Pengangkut Lumpur (lanjutan)

No	Measurment	Value	Unit
12.	Cm	1,00	
13.	Cwp	0,822	
14.	LCB from zero pt	24,183	M
15.	LCF from zero pt	23,267	M
16.	KB	0,896	M
17.	KG	0	M
18.	BMt	8,268	M
19.	BMI	67,380	M
20.	GMt	9,164	M
21.	GMI	68,276	M
22.	KMt	9,164	M
23.	KMI	68,276	M
24.	Immersion (TPc)	4,459	Tonne/cm
25.	MTc	12,464	Tonne.m
26.	RM at 1deg= GMt.Disp.sin(1)	116,794	
27.	Precision	Medium	50stations

4.3 Perencanaan Distribusi Beban

Pada perencanaan tahap ini perlu dilakukan pembagian distribusi beban pada kapal, seperti peletakan posisi mesin, tanki-tanki dan peralatan yang lain. Pembagian beban tersebut guna untuk mendapatkan stabilitas yang baik dan kondisi kapal yang *even keel*. Dalam perencanaan distribusi beban ini hanya pada kondisi *full load*. Pembagian beban ini akan menggunakan *software hydromaxpro*. Hasil dari distribusi beban ini akan mendapatkan nilai LCG (*Longitudinal Center of Gravity*), VCG (*Vertical Center of Gravity*) dan TCG (*Transvesal Center of Gravity*). Data komponen pada kapal Barge Pengangkut Lumpur :

Tabel 4.2 Peletakan Komponen Komponen yang ada di Kapal

Item Name	Q	Berat (kg)	L. Arm (m)	T. Arm (m)	V. Arm (m)
Lightship	1	11410	57,1	3,3	1,2
Engine PS	1	1500	7,1	0	0
Engine SB	1	1500	7,1	-3,3	1,2

Tabel 4.2 Peletakan Komponen Komponen yang ada di Kapal (lanjutan)

Item Name	Q	Berat (kg)	L. Arm (m)	T. Arm (m)	V. Arm (m)
Pompa PS	1	150	5,6	3,8	0,7
Pompa PS	1	150	7,5	3,8	0,7
Pompa SB	1	150	9,0	-3,8	0,7
Generator SB	1	700	7,2	-4,7	1,2
Motor penarik 1 PS	1	150	17,9	0,5	3,4
Motor penarik 2 PS	1	150	30,2	0,5	3,4
Motor penarik 1 SB	1	150	17,9	-0,5	3,4
Motor penarik 2 SB	1	150	30,2	-0,5	3,4
Bangunan atas	1	4000	4,1	0	4,6
FO tank PS	1	8500	7,7	5,9	1,3
FO tank SB	1	8500	7,7	-5,9	1,3
FW Tank PS	1	5000	1,7	5,0	2,4
FW Tank SB	1	5000	1,7	-5,0	2,4
Ruder	1	500	0,7	0	0,6
Propeller PS	1	600	1,5	3,3	0,6
Propeller SB	1	600	1,5	-3,3	0,6
WS PS	1	500	37,5	6,2	3,4
WS SB	1	500	37,5	-6,2	3,4
Lumpur	1	350000	16,8	0	1,6
Lumpur	1	350000	29,6	0	1,6
LOT	1	140	9,7	0	2,7
Total Loadcase		750000	LCG = 22,8	TCG = 0,039	VCG = 0,000

Hasil :

- Weight : 750000 Kg
- LCG : 22,8 m (From AP)
- VCG : 0,039 m (From CL)

4.4 Perencanaan Perhitungan Kebutuhan Air Ballast dan Peletakan Tanki Ballast

Tanki ballast pada kapal barge pengangkut lumpur ini di letakan pada bagian bawah kapal atau *double bottom*. *Double bottom* pada kapal ini tidaklah sama dengan pada kapal umumnya, *double bottom* pada kapal pengangkut lumpur ini

memiliki ruang yang tidak beraturan, karena harus menyesuaikan dengan *tank topnya* yang digunakan untuk menampung lumpur. *Tank topnya* dibuat miring agar memudahkan lumpur tersebut keluar melalui pintu yang berada di bagian dasar kapal.

Perhitungan kebutuhan air ballast pada kapal barge pengangkut lumpur. Dengan berdasarkan “*Luctures on Ship Design and Ship Theory*”, berat air ballast adalah anata 10% - 15% dari berat *displacement* kapal. Pada perencanaan ini, diambil sebesar 15% dari *displacement* kapal.

Data perhitungan kebutuhan air ballast :

$$\begin{aligned} L_{wl} &: 39,16 \text{ m} \\ C_b &: 0,769 \\ B &: 13 \text{ m} \\ T &: 1,75 \text{ m} \\ \rho_{SW} &: 1,025 \text{ ton/m}^3 \end{aligned}$$

Perhitungan volume *displacement* :

$$\begin{aligned} \nabla &= L \times B \times T \times C_b \quad (\text{dimana } L = L_{wl}) \\ &= 39,16 \times 13 \times 1,75 \times 0,769 \\ &= 685,094 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Perhitungan *displacement* :

$$\begin{aligned} \Delta &= \nabla \times \rho \\ &= 685,094 \times 1,025 \\ &= 702,222 \text{ ton} \end{aligned}$$

Perhitungan berat air ballast :

$$\begin{aligned} W_B &= 15\% \Delta \\ &= 0,15 \times 702,222 \\ &= 105,33 \text{ ton} \end{aligned}$$

Perhitungan volume air ballast :

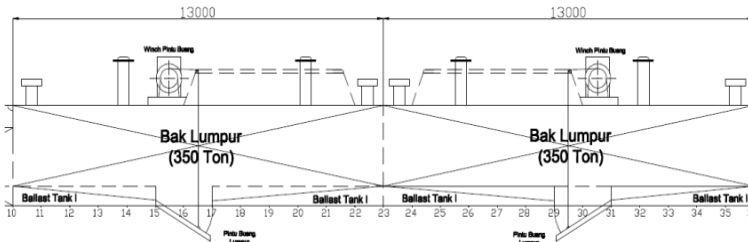
$$\begin{aligned} V_{WB} &= W_B / \rho_{SW} \\ &= 105,33 / 1,025 \\ &= 102,764 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume air ballast yang dibutuhkan oleh kapal barge pengangkut lumpur ini adalah 102,764 m³, hal ini belum termasuk penambahan volume karena adanya konstruksi *double bottom*

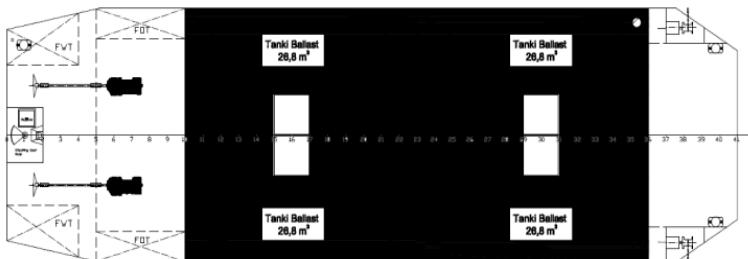
(karena letak tanki ballast berada pada *double bottom*) dan ekspansi karena adanya panas. Maka volumenya akan ditambahkan 2%.

$$\begin{aligned} V_{WB} &= V_{WB} + (2\% V_{WB}) \\ &= 102,764 + (0,02 \times 102,764) \\ &= 106,87 \quad \text{m}^3 \end{aligned}$$

Jadi kebutuhan volume air ballast yang sudah di tambahkan dengan adanya konstruksi dan ekspansi panas adalah 106,87 m³. Dengan konstruksi yang ada pada kapal barge pengangkut lumpur untuk kapasitas tersebut sudah sangat cukup untuk diletakan pada bagian *double bottom* kapal tersebut. Jadi tidak perlu menambah tanki air ballast di bagian haluan kapal.



Gambar 4.5 Peletakan Tanki Ballast dari pandangan samping



Gambar 4.6 Peletakan Tanki Ballast dari pandangan atas

4.5 Kebutuhan Pompa Ballast

Volume tanki ballast yang dimiliki oleh kapal ini mencapai 106,87 m³ dengan estimasi mengosongkan dan mengisi

tanki selama 1 jam. Karena dalam waktu 1 jam lumpur yang terdapat pada ruang muat sudah bisa dikosongkan.

Data perhitungan kapasitas pompa ballast dan pipa air ballast :

v	: 3	m/s
V	: 106,87	m ³
t	: 1	jam

Menentukan kapasitas pompa :

$$\begin{aligned}
 Q &= V / t \\
 &= 106,87 / 1 \\
 &= 106,87 \quad \text{m}^3/\text{h} \\
 &= 0,030 \quad \text{m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

Menentukan diameter pipa ballast :

$$\begin{aligned}
 dH &= (4 \times Q) / (v \times \eta)^{0,5} \\
 &= (4 \times 0,030) / (3 \times 3,14)^{0,5} \\
 &= 0,11228 \quad \text{m} \\
 &= 112,277 \quad \text{mm} \\
 &= 4,42 \quad \text{inch}
 \end{aligned}$$

Dipilih pipa *stainless Steel* dengan standart ANSI B36.10, dengan spesifikasi sebagai berikut :

<i>Standart</i>	: ANSI B36.10
<i>Nominal Size</i>	: 5 inch : 127 mm
<i>Outside diameter</i>	: 5,563 inch : 141,3 mm
<i>Thickness</i>	: 0,357 inch : 9,525 mm
<i>Inside Diameter (d)</i>	: 4,813 inch : 122,25 mm
<i>Schedule No.</i>	: 80S

Menhitung head pada pompa ballast :

$$H = H_s + H_p + H_v + \text{Head-loss}$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 H_s &= \text{jarak antara } \textit{suction well} \text{ terhadap } \textit{overbord} \\
 &= T + 0,75 \text{ m} \\
 &= 1,75 + 0,75 \\
 &= 2,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_p &= (P_{\text{disc}} - P_{\text{suct}}) / \rho g \\
 &= 0 \quad (\text{Hp disc dan Hp suct sama 1 atm})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_v &= (v_{\text{disc}}^2 - v_{\text{suct}}^2) / 2g \\
 &= (3^2 - 3^2) / (2 \times 9,81) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

Total head-loss = H discarg + H suction

Head Suction Side :

Mayor Loses

Reynold Number (Rn) :

(Pompa dan Kompresor Ir. Sularso, MSME hal 28)

$$Rn = (v \times d) / \nu$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 D &= \textit{inside diameter ballast main pipe} \\
 &= 122,25 \text{ mm} = 0,12225 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 v &= \textit{Fluide Velocity} \\
 &= 3 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

$$\nu = 0,000000801 \text{ m}^2 \text{ cst pada suhu } 30^0 \text{ C}$$

$$\begin{aligned}
 Rn &= (v \times d) / \nu \\
 &= (3 \times 0,12225) / 0,000000801 \\
 &= 457865,9176 \quad (\text{Aliran Turbulen})
 \end{aligned}$$

Jika, $Rn < 2300$ maka aliran laminer
 $Rn > 2300$ maka aliran turbulen

$$\begin{aligned}
 \lambda &= 0,02 + (0,0005/D) \\
 &= 0,02 + (0,0005/0,12225) \\
 &= 0,024
 \end{aligned}$$

Lossis mayor (Hf) di suction :

$$Hf = \lambda \times L \times v^2 / (D \times 2g)$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 L &= \text{Panjang sisi suction} \\
 &= 30 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$v = \text{kecepatan aliran}$$

$$\begin{aligned}
 Hf &= \lambda \times L \times v^2 / (D \times 2g) \\
 &= 0,24 \times 30 \times 3^2 / (0,12225 \times 2 \times 9,81) \\
 &= 2,71 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Lossis Minor (Hm) di *suction* :

Asesoris pada sisi *suction* :

Tabel 4.3 Asesoris yang terdapat pada sisi *suction*

No	Asesoris	n	k	n x k
1	<i>Elbow 90⁰</i>	3	0,75	2,25
2	<i>Gate valve Remotely</i>	1	1,2	1,2
3	<i>Strainer</i>	1	0,75	0,75
4	<i>Flexible Coupling</i>	2	0,46	0,92
5	<i>Non Return Valve</i>	1	1,2	1,2
6	<i>Flange</i>	3	0,87	2,61
7	<i>T Join</i>	6	1,8	10,8
			Σ	19,73

$$\begin{aligned}
 H_m &= (\Sigma n \times k \times v^2) / 2g \\
 &= (19,73 \times 3^2) / (2 \times 9,81) \\
 &= 9,05 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Head loss pada *suction* :

$$\begin{aligned}
 H_{suc} &= H_m + H_f \\
 &= 9,05 + 2,71 \\
 &= 11,8 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Lossis mayor (Hf) di *dicharge* :

$$H_f = \lambda \times L \times v^2 / (D \times 2g)$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 L &= \text{Panjang sisi } dicharge \\
 &= 4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$v = \text{kecepatan aliran}$$

$$\begin{aligned}
 H_f &= \lambda \times L \times v^2 / (D \times 2g) \\
 &= 0,24 \times 4 \times 3^2 / (0,12225 \times 2 \times 9,81) \\
 &= 0,36 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Lossis Minor (Hm) di *suction* :

Asesoris pada sisi *suction* :

Tabel 4.4 Asesoris yang terdapat pada sisi *dicharge*

No	Asesoris	n	K	n x k
1	<i>Elbow 90⁰</i>	1	0,75	0,75
2	<i>Butterfly valve</i>	2	0,6	1,2
3	<i>Non Return Valve</i>	1	1,2	1,2

Tabel 4.5 Asesoris yang terdapat pada sisi *dicharge*

4	<i>T Join</i>	2	1,8	3,6
			Σ	6,75

$$\begin{aligned}
 H_m &= (\Sigma n \times k \times v^2) / 2g \\
 &= (6,75 \times 3^2) / (2 \times 9,81) \\
 &= 3,1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Head loss pada suction :

$$\begin{aligned}
 H_{disc} &= H_m + H_f \\
 &= 3,1 + 0,36 \\
 &= 3,46 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Total head loss :

$$\begin{aligned}
 H_l &= H_{suc} + H_{disc} \\
 &= 11,8 + 3,46 \\
 &= 15,26 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Total head :

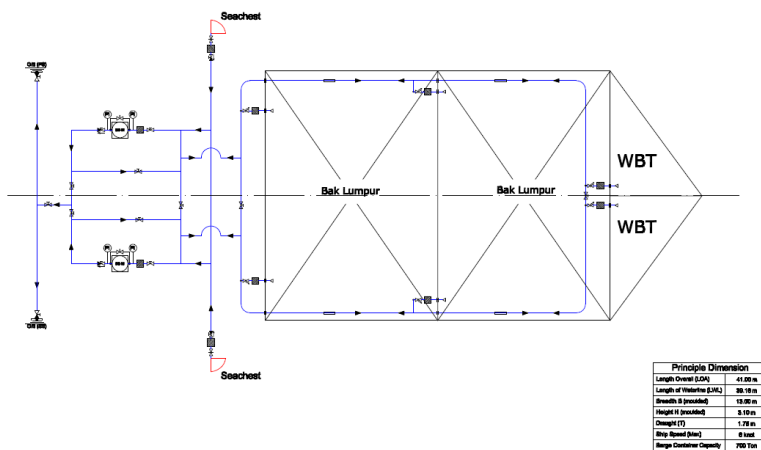
$$\begin{aligned}
 H_{tot} &= H_s + H_p + H_v + H_l \\
 &= 2,5 + 0 + 0 + 15,6 \\
 &= 18,1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Acuan yang digunakan untuk memilih pompa adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Head} &= 18,1 \text{ m} \\
 \text{Capacity} &= 106,87 \text{ m}^3/\text{h}
 \end{aligned}$$

Spesifikasi pompa ballast yang dipilih :

$$\begin{aligned}
 \text{Merek} &: \text{Sili Pump} \\
 \text{Tipe} &: 100CLZ-9A \\
 \text{Kapasitas} &: 110 \text{ m}^3/\text{h} \\
 \text{Head} &: 36 \text{ m} \\
 \text{Putaran} &: 2900 \text{ rpm} \\
 \text{Power} &: 22 \text{ kW} \\
 \text{Berat} &: 532 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.7 Key Plan Sistem Ballas

4.6 Analisa Perhitungan Stabilitas Awal Kapal

Pada perencanaan perhitungan stabilitas dengan menggunakan *software hydromaxpro*. Dengan sub perhitungan stabilitas sebagai berikut :

1. *Upright Hydrostatic*

Biasa disebut dengan nama *Carena Curve* adalah *hydromaxPro* dan berfungsi untuk menghitung karakteristik badan kapal yang berada dibawah permukaan air.

2. *Specified Condition*

Adalah salah satu jenis analisis di *HydromaxPro* yang akan menghitung karakteristik kapal sesuai dengan kondisi yang diinginkan.

3. *Large Angle Stability*

Adalah salah satu jenis analisis di *HydromaxPro* yang akan menghitung stabilitas kapal sesuai dengan kondisi yang telah dihitung pada *specified condition analysis*.

4. *Equilibrium Condition*

Adalah salah satu jenis analisis di *HydromaxPro* yang akan menghitung kemungkinan kesetimbangan

kapal dengan tanpa kemiringan secara melintang (*heel*) namun dengan kemiringan secara memanjang (*trim*).

5. *Limiting KG*

Adalah salah satu jenis analisis di *HydromaxPro* yang akan menghitung limitasi nilai KG pada desain kapal yang telah dibuat.

6. *KN Values*

Adalah salah satu jenis analisis di *HydromaxPro* yang akan menghitung nilai *panto Carena* untuk desain kapal yang telah dibuat.

4.7 Hasil Perhitungan Stabilitas Awal Kapal

Tabel 4.5 Hasil Analisis Stabilitas Awal Kapal Menurut IMO

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
A.749(18) Ch3	3.1.2.1:Area 0 to 30				
	<i>From the</i>				
	<i>Spec. Heel</i>	0	deg	0	
	<i>To the lesser of</i>				
	Spec. Heel	30	deg	30	
	Angle of	180	Deg		
	Shall not be	3,1513	m.deg	53,5181	Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.1:Area 0 to 40				
	<i>From the</i>				
	<i>Spec. Heel</i>	0	Deg	0	
	<i>To the lesser of</i>				
	Spec. Heel	40	Deg	40	
	First	n/a	Deg		
	Angle of	180	Deg		
Shall not be	5,1566	m.deg	77,9862	Pass	
A.749(18) Ch3	3.1.2.1:Area 30 to 40				
	<i>From the</i>				
	<i>Spec. Heel</i>	30	Deg	30	

Tabel 4.5 Hasil Anaslisa Stabilitas Awal Kapal Menurut IMO

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
	<i>To the lesser of</i>				
	Spec. Heel	40	Deg	40	
	First	n/a	Deg		
	Angle of	180	Deg		
	Shall not be	1,7189	m.deg	24,4681	Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.2:Max GZ at 30 or greater				
	<i>In the range</i>				
	<i>Spec. Heel</i>	30	Deg	30	
	<i>To the lesser of</i>				
	Spec. Heel	180	Deg		
	Angle of Max	25,9	Deg	25,9	
	Shall not be	0,2	M	2,540	Pass
	<i>Intermediate</i>				
	Angle at which		Deg	25,9	
A.749(18) Ch3	3.1.2.3:Angle of Maximum GZ				
	<i>Shall not be</i>	25	deg	25,9	Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.4:Initial GMt				
	Spec. Heel	0	deg		
	Shall not be	0,150	m	8,592	Pass

Dari hasil perhitungan pada *software* maxsurf hasil perhitungan stabilitas maka harus sesuai dengan kriteria stabilitas dari *intact stability* chapter 2 poin 2.4.5 *stability criteria* dan *hell criteria* chapter 3 poin 3.1.2 IMO 749 tahun 2008.

Kriteria stabilitas menurut IMO :

1. Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.1 :
 - a. Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng 0°– 30° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 3,151 m.deg.

- b. Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng 0° – 40° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 5,157 m.deg.
 - c. Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng 30° – 40° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 1,719 m.deg.
2. Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.2 : nilai GZ maksimum yang terjadi pada sudut 30° – 180° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 0,2 m.
 3. Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.3 : sudut pada nilai GZ maksimum tidak boleh kurang atau sama dengan 25° (deg)
 4. Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.4 : nilai GM awal pada sudut 0° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 0,15 m.

4.8 Hasil Perhitungan Stabilitas Kapal Saat Unloading

Tabel 4.6 Hasil Analisa Stabilitas Saat Unloading Menurut IMO

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
A.749(18) Ch3	3.1.2.1:Area 0 to 30				
	<i>From the</i>				
	<i>Spec. Heel</i>	0	deg	0	
	<i>To the lesser of</i>				
	Spec. Heel	30	deg	30	
	Angle of	180	Deg		
	Shall not be	3,1513	m.deg	110,7769	Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.1:Area 0 to 40				
	<i>From the</i>				
	<i>Spec. Heel</i>	0	Deg	0	
	<i>To the lesser of</i>				
	Spec. Heel	40	Deg	40	
	First	n/a	Deg		
	Angle of	180	Deg		
Shall not be	5,1566	m.deg	153,3161	Pass	

Tabel 4.5 Hasil Analisis Stabilitas Saat Unloading Menurut IMO

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
A.749(18) Ch3	3.1.2.1:Area 30 to 40				
	<i>From the</i>				
	<i>Spec. Heel</i>	30	Deg	30	
	<i>To the lesser of</i>				
	<i>Spec. Heel</i>	40	Deg	40	
	<i>First</i>	n/a	Deg		
	<i>Angle of</i>	180	Deg		
	Shall not be	1,7189	m.deg	42,5392	Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.2:Max GZ at 30 or greater				
	<i>In the range</i>				
	<i>Spec. Heel</i>	30	Deg	30	
	<i>To the lesser of</i>				
	<i>Spec. Heel</i>	180	Deg		
	<i>Angle of Max</i>	25	Deg	25	
	<i>Shall not be</i>	0,2	M	4,356	Pass
	<i>Intermediate</i>				
	<i>Angle at which</i>		Deg	25	
A.749(18) Ch3	3.1.2.3:Angle of Maximum GZ				
	<i>Shall not be</i>	25	deg	25	Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.4:Initial GMt				
	<i>Spec. Heel</i>	0	deg		
	<i>Shall not be</i>	0,150	m	41,311	Pass

Dari hasil perhitungan pada *software* maxsurf hasil perhitungan stabilitas maka harus sesuai dengan kriteria stabilitas dari *intact stability* chapter 2 poin 2.4.5 *stability criteria* dan *hell criteria* chapter 3 poin 3.1.2 IMO 749 tahun 2008.

Kriteria stabilitas menurut IMO :

1. Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.1 :
 - a. Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng 0° – 30° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 3,151 m.deg.
 - b. Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng 0° – 40° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 5,157 m.deg.
 - c. Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng 30° – 40° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 1,719 m.deg.
2. Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.2 : nilai GZ maksimum yang terjadi pada sudut 30° – 180° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 0,2 m.
3. Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.3 : sudut pada nilai GZ maksimum tidak boleh kurang atau sama dengan 25° (deg)
4. Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.4 : nilai GM awal pada sudut 0° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 0,15 m.

4.9 Kebutuhan Motor Untuk Pembuka dan Penutup Pintu Unloading

Pada proses unlodaing lumpur yang menggunakan motor sebagai penggerak pintu untuk proses unloding. Dengan perhitungan sebagai berikut :

- a. Gaya tarik pengangkat pintu unloading (Tcl)

(Practical Ship Building M. Khetagurof)

$$Tcl = 2fh \times (Ga + (Pa \times La)) \times (1 - (\gamma \times w / \gamma \times a))$$

Dimana :

$$\begin{aligned} Ga &= \text{Berat pintu dan lumpur} \\ &= 500 \quad \text{kg} \\ &= \text{Berat Lumpur} \\ &= (\text{luas bukaan pintu}) \times \text{tinggi lumpur} \times \rho \text{ lumpur} \\ &= (2 \times 2) \times 3 \times 2700 \\ &= 32400 \text{ kg} \\ Ga &= 32400 + 500 \\ &= 32900 \text{ kg} \end{aligned}$$

- d = Dimeter rantai
 = 24 mm
 Pa = Berat Rantai Pintu
 = $0,0218 \times (d)^2$
 = $0,0218 \times (24)^2$
 = 12,557 kg
 La = Panjang rantai yang menggantung
 = 5 m
 γ_a = density material
 = 7750 kg/m^3
 γ_w = density sea water
 = 1025 kg/m^3
 f_h = faktor gesekan pada hawse pipe dan stoper
 = nilainya antara 1,28 – 1,35
 = diambil 1,3

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 T_{cl} &= 2f_h \times (G_a + (P_a \times L_a)) \times (1 - (\gamma_w / \gamma_a)) \\
 &= 2 \times 1,3 \times (32900 + (12,557 \times 5)) \times (1 - (1025/7750)) \\
 &= 2 \times 1,3 \times 95685 \times 0,8677 \\
 &= 215867,274 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan Torsi pada cable lifter (M_{cl})

$$M_{cl} = (T_{cl} \times D_{cl}) / (2 \times \eta_{cl})$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 D_{cl} &= \text{Diameter efektif kabel lifter} \\
 &= 13,6 \times d \\
 &= 13,6 \times 24 \\
 &= 326,4 \text{ mm} \\
 &= 0,3264 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \eta_{cl} &= \text{effisiensi kabel lifter} \\
 &= \text{nilainya berkisar antara } 0,9 - 0,92 \\
 &= \text{diambil } 0,91
 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 Mcl &= (Tcl \times Dcl) / (2 \times \eta_{cl}) \\
 &= (215867,274 \times 0,3264) / (2 \times 0,91) \\
 &= 70459,0781 / 1,82 \\
 &= 38713,7792 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

c. Perhitungan torsi pada poros motor (Mm)

$$Mm = Mcl / (ia \times \eta_a)$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 Ncl &= \text{Putaran kabel lifter} \\
 &= 300/d \\
 &= 300/24 \\
 &= 12,50 \quad \text{Rpm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 nm &= \text{putaran motor penggerak} \\
 &= \text{nilainya berkisar antara } 750 - 1550 \text{ Rpm} \\
 &= \text{diambil } 900 \text{ Rpm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ia &= \text{perbandingan gigi mekanis} \\
 &= nm / ncl \\
 &= 1200 / 12,50 \\
 &= 96
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \eta_a &= \text{effisiensi perlatan untuk worm} \\
 &= \text{nilainya berkisar antar } 0,7 - 0,85 \\
 &= \text{diambil } 0,8
 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 Mm &= Mcl / (ia \times \eta_a) \\
 &= 38713,7792 / (96 \times 0,8) \\
 &= 504,086 \quad \text{kg.m}
 \end{aligned}$$

d. Perhitungan daya motor penggerak pintu pembuangan

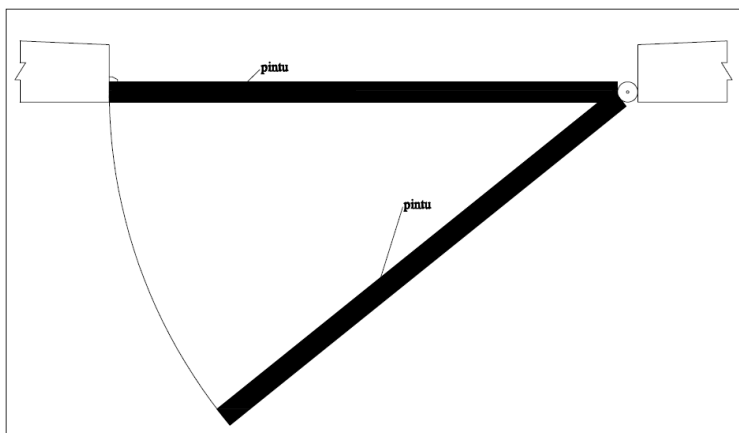
$$\begin{aligned}
 Ne &= (Mm \times nm) / 716,2 \\
 &= (504,086 \times 1200) / 716,2 \\
 &= 844,61 \quad \text{HP}
 \end{aligned}$$

Daya yang dibutuhkan untuk membuka dan menutup pintu adalah 844,61 HP. Hal ini sangat berpengaruh dengan seberapa kuat motor tersebut dapat menahan beban berupa lumpur pada saat proses unloading maupun sebelum proses unloading berjalan.

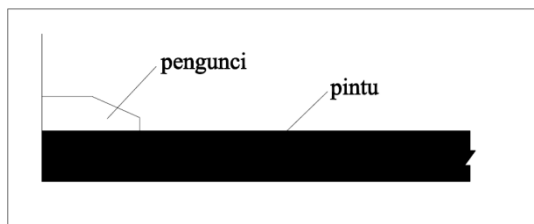
4.10 Desain Pintu Pembuangan Lumpur

Pintu pembuangan untuk proses unloading lumpur ini terletak di bawah garis air, lebih tepatnya terletak pada bagian dasar kapal, hal ini lah yang membuat desain pintu ini juga berpengaruh dengan lancar tidaknya proses unloading lumpur tersebut. Proses unloading yang dilakukan dilakukan 12 mil dari garis pantai. Proses unloading ini dilakukan dalam kondisi kapal tidak berjalan.

Pintu untuk proses pembuangan lumpur ini berukuran 2 x 2 m yang digerakan oleh motor dan dihubungkan oleh rantai untuk membuka, menahan, dan untuk menutup pintu setelah proses unloading selesai dilakukan.



Gambar 4.8 Desain Pintu Unloading Lumpur



Gambar 4.9 Detail Pengunci Pada Pintu Unloading Lumpur

Lampiran I Spesifikasi pipa Ballast

Outside Diameter, Identification, Wall Thickness, Inside Diameter						
Pipe Size (inches)	Outside Diameter (inches)	Identification			Wall Thickness - t -	Inside Diameter - d -
		Steel		Stainless Steel		
4	4.500	.	.	5S	.083	4.334
		.	.	10S	.120	4.260
		STD	40	40S	.237	4.026
		XS	80	80S	.337	3.826
		.	120	.	.438	3.624
		.	160	.	.531	3.438
		XXS	.	.	.674	3.152
5	5.563	.	.	5S	.109	5.345
		.	.	10S	.134	5.295
		STD	40	40S	.258	5.047
		XS	80	80S	.375	4.813
		.	120	.	.500	4.563
		.	160	.	.625	4.313
		XXS	.	.	.750	4.063
6	6.625	.	.	5S	.109	6.407
		.	.	10S	.134	6.357
		STD	40	40S	.280	6.065
		XS	80	80S	.432	5.761
		.	120	.	.562	5.501
		.	160	.	.718	5.187
		XXS	.	.	.875	4.873

Lampiran II Spesifikasi Pompa Ballast

Shanghai SILI Pump Manufacture Co., Ltd

—Maritime pump specialist in China



Summary

CLZ series maritime vertical centrifugal pumps have the characteristics of small volume, light weight, self-suction, good performance as well as easy installation and operation. They are suitable for being used as Bilge pumps, Ballast pumps, Fire pumps, Cooling pumps and also can be used for other apparatus. The max. temperature of the media transferred should not exceed 80°C.

CLZ series pump is connected to a wet cyclone. The wet cyclone will separate and purify the liquid from pump's outlet. The separated and purified liquid being led to the sealed space will flush away and cool down the friction point of mechanical sealing, avoiding particles inside the liquid, so as to enlarge the wear-down of the friction point and long the life-span of the mechanical sealing.

Viewing from the motor end downward, this series pump rotates clockwise.



Explanations of the type of pump

For example 65CLZ-4A

65CLZ-4A — Impeller cutted
Ratio
Vertical self-priming maritime centrifugal pump
Flange size(mm)

Material

We can generally supply two kinds of material. One is suitable for sea water, another for fresh water.

If for sea water, all parts(pump casing and impeller and so on) which contact with sea water are made of anti-sea water corrosive material, i.e., copper, shaft of Pump is made of stainless steel

If for fresh water, parts(pump casing and impeller and so on) which contact with fresh water are made of cast iron, shaft of pump is made of stainless steel or cast steel.

www.silipump.com

sales@silipump.com

CLZ maritime vertical self-priming centrifugal pump

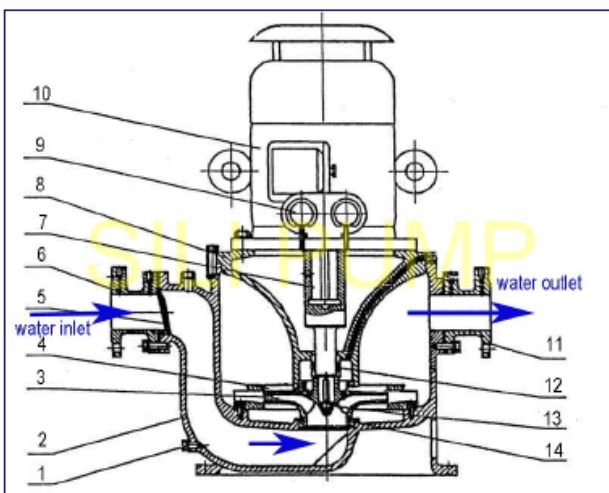
Page 2



Pump structure

The CLZ series Marine Vertical Centrifugal Pumps are recommended to be vertically installed. The pump consists of electric motor, shaft, covers, body, impeller and wheel etc. The shaft of pump connects with that of electric motor and drives directly the impeller to rotate. Refer to the drawing below.

A vacuum gauge and pressure gauge are fitted in the pump.



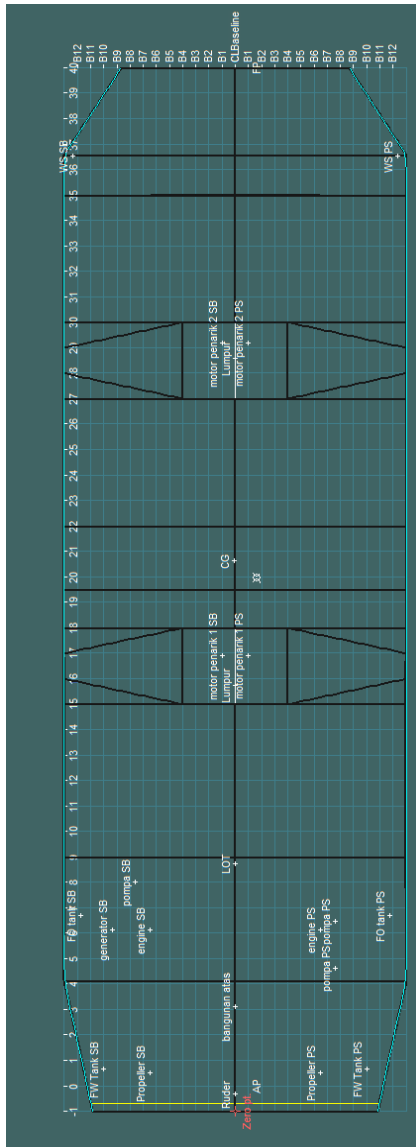
- | | |
|---------------------|--|
| 1. Plugs | 9. Gauge (vacuum gauge and pressure gauge) |
| 2. Pump body | 10. Electric motor |
| 3. Impeller | 11. Outlet flange |
| 4. Guide Shell | 12. Mechanical sealing |
| 5. Non-return valve | 13. Nut of Impeller |
| 6. Inlet flange | 14. Ring of sealing. |
| 7. Shaft | |
| 8. Cover of pump | |



Pump Specification(50Hz/380V/3phase, 2900rpm, 2 poles motor)

39	80CLZ-5.5A	40	30-45	58	49-61	5.5	4.5	15	Y160M-2H	266
40	80CLZ-5	60	45-68	80	68-83	11.5	4.5	30	Y200L1-2H	511
41	80CLZ-5A	60	45-68	70	59-73	22.5	4.5	30	Y200L1-2H	509
42	80CLZ-5B	50	37-57	80	68-83	21.5	4.5	30	Y200L1-2H	508
43	80CLZ-5C	50	37-57	70	59-73	21.8	4.5	22	Y180M-2H	507
44	80CLZ-3	50	37-57	120	102-124	16.5	4.5	45	Y235M-2H	677
45	80CLZ-3A	45	33-51	110	93-115	34	4.5	37	Y200L2-2H	675
46	100CLZ-17	80	60-88	20	17-21	28	4.5	11	Y160M1-2H	193
47	100CLZ-17A	72	54-80	18	15-19	8.1	4.5	7.5	Y132S2-2H	191
48	100CLZ-12	80	60-88	32	27-34	5.6	4.8	15	Y160M2-2H	384
49	100CLZ-12A	72	54-80	28	23-30	11.2	4.8	11	Y160M1-2H	382
50	100CLZ-8	80	60-88	50	42-53	8.3	4.8	22	Y180M-2H	456
51	100CLZ-8A	72	54-80	46	39-49	17	4.8	18.5	Y160L-2H	464
52	100CLZ-6	80	60-88	80	68-84	14	5	37	Y200L2-2H	726
53	100CLZ-6A	72	54-80	75	63-79	27.7	5	37	Y200L2-2H	724
54	100CLZ-4	80	60-88	120	102-123	26.5	5.2	75	Y280S-2H	833
55	100CLZ-4A	72	54-80	110	93-114	57	5.2	55	Y250M-2H	831
56	100CLZ-18.5	100	75-110	20	17-21	42	5	11	Y160M1-2H	386
57	100CLZ-18.5A	100	75-110	18	15-19	8.3	5	11	Y160M1-2H	384
58	100CLZ-13	100	75-110	32	27-34	7.8	5	8.5	Y160L-2H	413
59	100CLZ-13A	95	71-104	28	23-30	6.4	5	15	Y160M2-2H	411
60	100CLZ-13B	75	66-82	25	21-27	11.2	5.2	15	Y160M2-2H	410
61	100CLZ-9	100	75-110	50	42-53	10.5	5	30	Y200L1-2H	535
62	100CLZ-9A	110	82-121	36	30-38	22.5	5	22	Y180M-2H	532
63	100CLZ-9B	95	71-104	48	40-51	19.2	5	30	Y200L1-2H	531
64	100CLZ-6.5	100	75-110	80	68-83	22.3	5	45	Y235M-2H	748
65	100CLZ-6.5A	95	71-104	75	63-78	32.9	5	37	Y200L2-2H	746
66	100CLZ-5	100	75-110	120	102-124	27.1	5	75	Y280S-2H	980
67	100CLZ-5A	95	71-104	110	93-114	56.3	5	75	Y280S-2H	978
68	125CLZ-5	120	90-130	120	102-122	55.1	5	90	Y280M-2H	970
69	125CLZ-5A	110	82-122	110	93-114	68.0	5	75	Y280S-2H	968
70	125CLZ-23	160	120-178	20	17-21	53.1	5.2	18.5	Y160L-2H	499
71	125CLZ-23A	150	112-168	18	15-19	13.4	5.2	15	Y160M2-2H	497
72	125CLZ-16.5	160	120-178	32	27-34	10.5	5.2	30	Y200L1-2H	665
73	125CLZ-16.5A	150	112-168	28	23-30	22.5	5.2	30	Y200L1-2H	663
74	125CLZ-12	160	120-178	50	42-53	21.3	6	45	Y220M-2H	740
75	125CLZ-12A	150	112-168	46	39-49	33.8	6	45	Y235M-2H	738
76	125CLZ-8	160	120-178	80	68-83	32.1	6	75	Y280S-2H	993
77	125CLZ-8A	150	112-168	75	63-78	56.1	6	75	Y280S-2H	991
78	125CLZ-8B	150	112-168	68	57-71	56.2	6	75	Y280S-2H	990
79	125CLZ-6	160	120-178	120	102-123	56	6	110	Y315S-2H	1590
80	125CLZ-6A	150	112-168	110	93-114	82.5	6	110	Y315S-2H	1585
81	125CLZ-13	200	150-220	50	42-53	80.3	6	55	Y250M-2H	811

Lampiran III Peletakan Peralatan untuk menentukan distribusi Beban



Lampiran IV Peralatan yang ada di kapal barge pengangkut lumpur

Stability Calculation - TONGKANG TRANSPORTER-750T

Stability 20.00.06.0, build: 0
 Model file: E:TONGKANG TRANSPORTER-750T (Medium precision, 60 sections, Trimming off, Skin thickness applied), Long datum: Aft extremity, Vert. datum: Baseline.
 Analysis tolerance - Ideal (worst case): Disp. %: 0, 0.01000(0, 100); Trim %:(LCG-TCG): 0, 0.01000(0, 100); Heel %:(LCG-TCG): 0, 0.01000(0, 100)

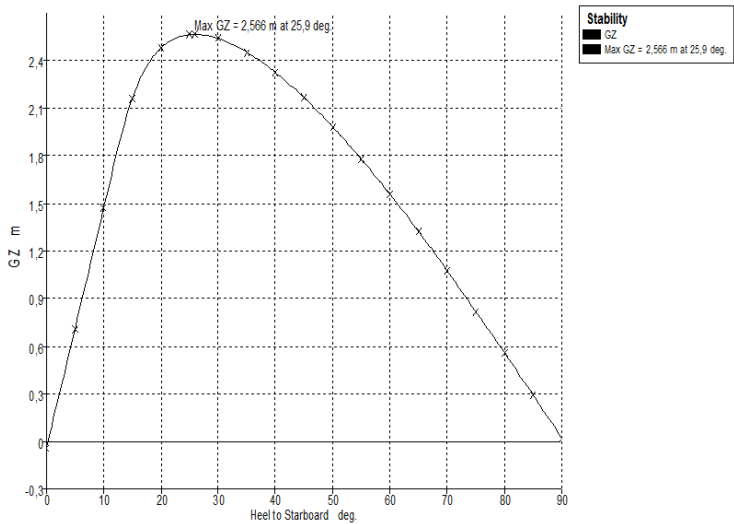
Loadcase - komponen

Damage Case - Intact

Free to Trim
 Specific gravity = 1,025; (Density = 1025 kg/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Unit Mass kg	Total Mass kg	Unit Volume m ³	Total Volume m ³	Long-Arm m	Trans-Arm m	Vert. Arm m	Total FSM kg.m	FSM Type
LIGHTING	1	114100	114100			57172	3280	1184	0.000	Use Specified
Engine PS	1	15000	15000			7115	0.000	0.000	0.000	Use Specified
Engine SS	1	15000	15000			7115	-3280	0.000	0.000	Use Specified
Pompa PS	1	1500	1500			2503	3115	0.851	0.000	Use Specified
Pompa SS	1	1500	1500			2503	-3115	0.851	0.000	Use Specified
Generator PS	1	1500	1500			3091	-3318	0.851	0.000	Use Specified
Generator SS	1	1500	1500			3091	3318	0.851	0.000	Use Specified
motor perarik 1 PS	1	1500	1500			17389	0.472	3.390	0.000	Use Specified
motor perarik 2 PS	1	1500	1500			17389	-0.472	3.390	0.000	Use Specified
motor perarik 1 SS	1	1500	1500			17389	-0.472	3.390	0.000	Use Specified
motor perarik 2 SS	1	1500	1500			17389	0.472	3.390	0.000	Use Specified
BANGUNAN JBR	1	4000.0	4000.0			4.100	0.000	4.600	0.000	Use Specified
FO TANK PS	1	8500.0	8500.0			7.689	5.872	1.253	0.000	Use Specified
FO TANK SS	1	8500.0	8500.0			7.689	-5.872	1.253	0.000	Use Specified
FW TANK PS	1	5000.0	5000.0			1.686	5.015	2.350	0.000	Use Specified
FW TANK SS	1	5000.0	5000.0			1.686	-5.015	2.350	0.000	Use Specified
PROPULSER	1	500.0	500.0			0.669	0.000	0.583	0.000	Use Specified
Propeller PS	1	500.0	500.0			1.501	3.250	0.589	0.000	Use Specified
Propeller SS	1	500.0	500.0			1.501	-3.250	0.589	0.000	Use Specified
TWS PS	1	500.0	500.0			37.545	6.173	3.376	0.000	Use Specified
TWS SS	1	500.0	500.0			37.545	-6.173	3.376	0.000	Use Specified
Lumpur	1	350000.0	350000.0			16.750	0.000	1.550	0.000	Use Specified
Lumpur	1	350000.0	350000.0			29.983	0.000	2.683	0.000	Use Specified
LOT	1	140.0	140.0			37.38	0.000	0.883	0.000	Use Specified
LOT	1	140.0	140.0			37.38	0.000	0.883	0.000	Use Specified
WATERLOOSE CASE	1	0.0	0.0			22.014	0.039	0.002	0.000	Use Specified
WATERLOOSE CASE	1	750000.0	750000.0			22.014	0.039	0.002	0.000	Use Specified
FSM-CORRECTION										
VCG'S EURE								1.552		



CGF m	-0.039	0.711	1.470	2.161	2.479	2.564	2.454	2.336	2.167	1.983	1.779	1.553	1.323	1.078	0.821	0.558	0.292	0.023		
Area under GZ curve from zero heel in deg	0.0000	1.6785	7.1263	18.3057	28.6555	40.7249	53.5181	66.0232	77.9862	88.2263	96.6108	103.0224	117.9668	124.5760	130.5772	135.9224	138.7254	140.8881		
Displacement kg	750031	750038	750000	750002	750000	749968	750000	750000	750000	750045	750045	750037	750030	750024	750019	750014	750009	750009		
Draft at FP m	1.633	1.639	1.656	1.911	2.043	2.197	2.366	2.503	2.709	3.057	3.303	3.769	4.316	5.033	6.079	7.777	11.104	29.930	ns	
Draft at AP m	1.230	1.218	1.184	1.065	0.962	0.878	0.432	0.150	-0.172	-0.552	-1.010	-1.581	-2.319	-3.322	-4.766	-7.169	-11.842	-25.666	ns	
VL Length m	39.299	40.543	41.006	41.005	41.015	41.024	41.036	41.050	41.066	41.085	41.104	41.124	41.144	41.163	41.181	41.196	41.216	41.220	41.220	
Beam max extents on VL m	13.000	13.050	13.201	11.977	9.884	7.335	6.200	5.405	4.823	4.364	4.047	3.784	3.600	3.420	3.299	3.148	3.112	3.100	3.100	
Wetted Area m ²	625.727	625.342	624.562	619.467	618.339	619.835	621.228	622.106	622.896	623.741	624.691	624.702	625.089	625.440	625.600	625.505	626.204	626.897	626.897	
Wetted Area m ²	500.879	501.825	505.177	455.595	353.681	297.919	242.838	211.542	188.779	171.695	163.382	148.073	139.988	133.895	128.848	125.238	122.716	121.191	121.191	
Prismatic coeff. (Cb)	0.698	0.762	0.768	0.784	0.784	0.762	0.760	0.757	0.755	0.752	0.748	0.747	0.744	0.742	0.740	0.739	0.737	0.736	0.736	
Block coeff. (Cb)	0.699	0.562	0.468	0.432	0.468	0.529	0.561	0.587	0.608	0.626	0.642	0.656	0.669	0.681	0.692	0.703	0.714	0.726	0.736	
LCB from zero pf. (x=0) m	22.825	22.627	22.629	22.833	22.847	22.885	22.882	22.909	22.935	22.963	22.991	23.020	23.046	23.074	23.097	23.117	23.131	23.141	23.144	
LCF from zero pf. (x=0) m	21.173	21.189	21.277	21.379	21.025	21.073	21.074	21.073	21.077	21.078	21.081	21.084	21.084	21.083	21.081	21.086	21.088	21.102	21.105	21.107
Max deck inclination deg	0.8627	5.0776	11.0443	15.8415	20.6955	26.0726	30.0867	35.0096	40.1094	45.1161	50.1193	55.1184	60.1131	65.1034	70.0884	75.0713	80.0487	86.0258	86.0258	
Trim angle (x=0 by stem) deg no trim	-0.8621	-0.8681	-0.8651	-1.1688	-1.5546	-2.1743	-3.1635	-4.5337	-6.1955	-8.2676	-10.7471	-13.6455	-16.9799	-20.8664	-25.3108	-30.4664	-36.3398	-43.0353	-49.5553	

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
A.749.10) C03 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1 Area 0 to 30	3.1513	mdeg	53.5181	Pass	+1586.29
A.749.10) C03 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1 Area 0 to 40	5.1566	mdeg	77.9862	Pass	+1412.26
A.749.10) C03 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1 Area 30 to 40	1.7189	mdeg	24.4681	Pass	+1170.00
A.749.10) C03 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2 Max GZ at 30 or greater	0.200	mdeg	2.540	Pass	-1170.00
A.749.10) C03 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3 Angle of maximum GZ	25.0	deg	25.9	Pass	-3.64
A.749.10) C03 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4 Initial GZ	0.150	m	8.952	Pass	+6528.00
A.749.10) C03 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.6 Trim: angle of equilibrium	10.0	deg	0.3	Pass	+97.36
A.749.10) C03 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2 Severe wind and rolling				Pass	
	Angle of steady heel shall not be greater than (°)	16.0	deg	0.4	Pass	+97.34
	Angle of steady heel (Deck edge dimension angle shall not be greater than (°)	89.00	%	3.76	Pass	+95.30
	Angle / Area: shall not be less than (°=)	100.00	%		Pass	
4.1 Cargo ships carrying timber deck cargoes	4.1.3.1 Area 0 to 40	4.6307	mdeg	77.9862	Pass	+4981.38
4.1 Cargo ships carrying timber deck cargoes	4.1.3.2 Max GZ	0.250	m	7.959	Pass	+696.40
4.1 Cargo ships carrying timber deck cargoes	4.1.3.3 Initial GZ	0.100	m	6.602	Pass	+642.47
4.1 Cargo ships carrying timber deck cargoes	4.1.3.3B Initial GZ: deck edge	0.100	m	8.952	Pass	+8482.00
4.2 Fishing vessel	4.2.3 Initial GZ for vessels >= 24m in length	0.350	m	8.952	Pass	+2354.86
4.2 Fishing vessel	4.2.3.1 Initial GZ for vessels >= 20m in length	0.150	m	8.952	Pass	+6528.00
4.5 Offshore supply vessel	4.5.6.2.1 GZ area between 0 and angle of maximum GZ	3.3887	mdeg	43.0583	Pass	+1131.73
4.5 Offshore supply vessel	4.5.6.2.2 Area 30 to 40	1.7189	mdeg	24.4681	Pass	+1323.47
4.5 Offshore supply vessel	4.5.6.2.3 Maximum GZ at 30 or greater	0.200	mdeg	2.540	Pass	+1170.00
4.5 Offshore supply vessel	4.5.6.2.4 Angle of maximum GZ	15.0	deg	25.9	Pass	+72.73

4.5 Offshore supply vessel	4.5.6.2.4 Angle of maximum GZ	15.0	deg	25.9	Pass	+72.73
4.5 Offshore supply vessel	4.5.6.2.5 Initial GZ	0.150	m	8.952	Pass	+6528.00
4.6 Container ships >100m IBCPOTAIN - requires C as defined in 4.9.2.6	4.9.2.1 Area 0 to 30	57.2958	mdeg	67.5181	Pass	+10.223
4.6 Container ships >100m IBCPOTAIN - requires C as defined in 4.9.2.6	4.9.2.1 Area 0 to 40	57.2958	mdeg	77.9862	Pass	+8.11
4.6 Container ships >100m IBCPOTAIN - requires C as defined in 4.9.2.6	4.9.2.2 Max GZ at 30 or greater	57.2958	mdeg	67.4681	Pass	+10.1723
4.6 Container ships >100m IBCPOTAIN - requires C as defined in 4.9.2.6	4.9.2.3 Maximum GZ at 30 or greater	1.000	m	2.540	Pass	+151.00
4.6 Container ships >100m IBCPOTAIN - requires C as defined in 4.9.2.6	4.9.2.4 Value of maximum GZ	1.000	m	2.566	Pass	+156.60
4.6 Container ships >100m IBCPOTAIN - requires C as defined in 4.9.2.6	4.9.2.5 Area under GZ curve to downflooding	57.2958	mdeg	141.6506	Pass	+141.30

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

1. Dari perhitungan kebutuhan ballast untuk mengatur stabilitas kapal adalah $102,764 \text{ m}^3$ hasil ini belum termasuk penambahan 2% dari volume awal karena adanya konstruksi pada tanki ballast yang terletak di double bottom . Jadi kebutuhan air ballast pada kapal barge pengangkut lumpur ini adalah $106,87 \text{ m}^3$.
2. Dari hasil perhitungan stabilitas berdasarkan IMO kode A 749 chapter 2 pon 2.4.5 pada kapal barge pengangkut lumpur maka semua persyaratan dan ketentuan memenuhi sebagai berikut :
 - a. Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.1 :
 - Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng $0^\circ - 30^\circ$ (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan $3,151 \text{ m.deg}$ dengan hasil $110,7769 \text{ m.deg}$.
 - Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng $0^\circ - 40^\circ$ (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan $5,157 \text{ m.deg}$ dengan hasil $153,3161 \text{ m.deg}$.
 - Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng $30^\circ - 40^\circ$ (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan $1,719 \text{ m.deg}$ dengan hasil $42,5392 \text{ m.deg}$
 - b. Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.2 : nilai GZ maksimum yang terjadi pada sudut $30^\circ - 180^\circ$ (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan $0,2 \text{ m}$ dengan hasil $4,356 \text{ m}$
 - c. Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.3 : sudut pada nilai GZ maksimum tidak boleh kurang atau sama dengan 25° (deg) dengan hasil $25,01^\circ$ (deg).

- d. Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.4 : nilai GM awal pada sudut 0° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 0,15 m dengan hasil 41,311
3. Dari perhitungan daya penggerak pintu unloading di butuhkan 844,61 HP untuk menahan beban saat berlayar dan saat melakukan proses unloading.
4. Perencanaan pintu unloading menggunakan rantai untuk menghubungkan motor dengan pintunya. Karena dengan putaran motor yang hanya 12,5 rpm memungkinkan untuk penggunaan rantai dalam proses unloading ini. dan dengan adanya gravitasi akibat beban dari rantai akan memudahkan untuk membuka pintu.

5.2 Saran

Untuk hasil yang lebih baik, maka penulis memberikan saran dalam pemilihan dan perhitungan stabilitas kapal saat melakukan unloading kapal perlu diperhatikan :

1. Dalam perhitungan distribusi beban semua komponen dikawal dihitung dan lebih detail untuk spesifikasi berat komponen supaya mendapat perhitungan stabilitas yang lebih akurat
2. Dalam penentuan olah gerak kapal perlu dianalisis menggunakan *software* lain, seperti *seakeeper*.
3. Perlu dilakukan analisa perhitungan biaya awal dan biaya perawatan agar mengetahui ekonomis atau tidak dengan menggunakan sistem unloading untuk membuka pintu di bagian dasar kapal dan menggunakan ballast untuk mengatur stabilita kapal tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] “*Kapal Barge*”. <http://kapal.co.id/kapal-barge>. Tanggal Akses 15 Desember 2015.
- [2] Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 52 Tahun 2011, “*Pengerukan dan Reklaasi*”
- [3] Biran, A.B. (2003). “*Ship Hydrostatic and Stability*”. Butterworth-Heinemann, United State of America
- [4] Dontiawan, Vibrio Yulian. (2012). Tugas Akhir: “*Perancangan Sistem Kendali Stabilitas Rolling pada Kapal Perang Kawal Rudal Kelas Sigma-KRI Diponegoro dengan menggunakan Logika Fuzzy*”, Teknik Fisika FTI-ITS Surabaya
- [5] House, David. J. (2007). “*Ship Handling Theory and Practice*”. Butterworth-Heinemann, United State of America

BIODATA PENULIS



Mohammad Rosario Zamzami atau sering di panggil dengan nama Rio merupakan anak pertama dari tiga bersaudara oleh pasangan Tri Juwono dan Nuri Rahayuningtyas yang lahir pada tanggal 29 Mei 1993. Penulis berdomisili di Tulungagung dan telah menempuh pendidikan SD di SD Negeri Kampungdalem 1, pendidikan SMP di SMP Negeri 1 Tulungagung dan pendidikan SMA di SMA Negeri 1 Boyolangu. Penulis memilih melanjutkan ke perguruan tinggi melalui jalur tes SNMPTN tulis dan lolos sebagai mahasiswa di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Perkuliahan ditempuh oleh penulis selama 4 tahun. Selama itu penulis aktif diorganisasi kemaha-siswaan ITS tingkat institut yaitu di Unit Kegiatan Mahasiswa Bola Basket (UKM – Bola Basket ITS) periode 2014 – 2015 sebagai ketua departemen Komunikasi dan Informasi. Penulis juga aktif pada acara kepanitiaan baik acara di dalam kampus. Di dalam kampus, penulis aktif pada acara seperti Marine Icon yang diselenggarakan oleh Himpunan Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan (HIMASISKAL).

Mohammad Rosario Zamzami
Jurusan Teknik Sistem Perkapalan-FTK-ITS
mohammad.rosario11@gmail.com