

# STUDI PERANCANGAN TONGKANG PENGANGKUT LIMBAH BATUBARA DI PLTU TANJUNG JATI B JEPARA

Ferlyn Papalangi<sup>1</sup>, Imam Pujo Mulyatno<sup>1</sup>, Parlindungan Manik<sup>1</sup>  
<sup>1)</sup> S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Email : [ferlynpapalangi@gmail.com](mailto:ferlynpapalangi@gmail.com)

## Abstrak

Industri di bidang batubara mengalami perkembangan dan kemajuan yang sangat signifikan sehingga secara tidak langsung mampu mendorong pertumbuhan ekonomi nasional secara menyeluruh dan selalu memberi manfaat baik dalam perluasan tenaga kerja maupun untuk kesejahteraan masyarakat. Tetapi pada sektor pengolahan batubara, terutama di wilayah PLTU terdapat limbah yang berupa *fly-ash*, *gypsum* dan *bottom ash*. Limbah tersebut diangkut melalui jalur laut dengan menggunakan tongkang. Dalam penelitian ini, fungsi utama kapal tongkang yang akan dirancang harus memperhitungkan ukuran utama, rencana garis, rencana umum, stabilitas kapal dan analisis kekuatan kapal. Setelah dari perhitungan dengan metode regresi di dapatkan ukuran utama LOA =106,68 m, B= 25,91 m, H= 5,5 m, T= 4,57 m, Cb = 0,89, DWT=9100 ton. Kemudian dilakukan analisa stabilitas pada kapal dengan menggunakan *software* dan mendapatkan karakter stabilitas yang baik menurut standar *IMO* karena daerah di bawah kurva GZ pada sudut oleng tidak melebihi dari nilai minimum pada standar *IMO*, begitu juga dengan hasil analisa kekuatan yang mendapatkan hasil yang baik menurut *rules ABS* hal ini dapat dilihat dari hasil perhitungan *yield strength*  $\sigma_p = 175$  Mpa tidak melebihi dari ketentuan *ABS*  $\sigma_{abs} = 225$  Mpa.

Kata kunci : Kapal Tongkang, PLTU Tanjung Jati B Jepara, Stabilitas, Kekuatan

## Abstract

*The coal industry is developing and significant in progress, thus it encourages the growth of the whole national economy indirectly and always gives good benefits in the expansion of its workforce and the welfare of society. But the coal processing sectors, particularly in the area of the steam power generation (Indonesian called PLTU) contain of waste in the form of fly-ash, gypsum and bottom ash. The waste is transported through the sea by using barges. In this research, the main function of a barge that will be designed should take into account of the main sizes, lines plan, general arrangement, the stability of the ship and the ship strength analysis. After the calculation of the regression method, it is finally found the main sizes LOA = 106.68 m, B = 25.91 m, H = 5.5 m, T = 4.57 m, Cb = 0.89, DWT = 9100 tons. Then the stability of the ship is analyzed by using the software and got a good stability character according to IMO standards for the area under the GZ curve roll angle does not exceed the minimum value of the IMO standards, as well as the results of the analysis of power which get good results according to the rules ABS this can be seen from the results of the calculation of the yield strength of 175 MPa  $\sigma_p =$  not exceed the provisions of ABS  $\sigma_{abs} = 225$  MPa.*

*Keywords: Barge, PLTU Tanjung Jati B Jepara, Stability, Strength*

## 1. PENDAHULUAN

Akhir-akhir ini beberapa sektor industri mengalami perkembangan dan kemajuan yang sangat signifikan, tidak terkecuali di bidang batubara dan sektor-sektor yang lain sehingga secara tidak langsung mampu mendorong pertumbuhan ekonomi nasional secara menyeluruh dan selalu memberi manfaat baik dalam perluasan tenaga kerja maupun untuk kesejahteraan masyarakat.

Tetapi dari sektor pengolahan batubara, terutama di sekitar wilayah PLTU terdapat limbah yang berupa *fly-ash*, *gypsum* dan *bottom ash*. Limbah tersebut diangkut melalui jalur laut dengan menggunakan tongkang.

Di sekitar wilayah pantai dan wilayah lepas pantai sangat diperlukan sekali sarana dan parasarana yang menunjang untuk kegiatan yang menyangkut tentang transportasi untuk memindahkan barang. Tongkang dapat mengangkut berbagai macam

muatan, biasanya tongkang di tarik oleh kapal kapal kecil seperti tug boat atau ada juga yang ditarik dengan menggunakan kapal kayu. Pada umumnya tongkang sendiri merupakan alat apung yang berbentuk hampir seperti kotak dikarenakan coefisien blocknya adalah satu. Untuk menunjang pelaksanaan dan peningkatan proses kegiatan, secara tidak langsung diperlukan peralatan angkut yang baik. Alat angkut yang digunakan untuk mengangkut dari satu tempat ketempat yang lain. [2]

Berdasarkan inilah muncul sebuah ide untuk merekayasa sebuah alat transportasi yang dapat digunakan untuk menunjang kegiatan pengangkutan limbah batubara di PLTU Tanjung Jati B Jepara. Dengan tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan ukuran utama, rencana garis, dan rencana umum. Setelah itu analisis stabilitas, dan kekuatan kapal.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Gambaran Umum Tongkang

Tongkang atau Ponton adalah suatu jenis kapal yang dengan lambung datar atau suatu kotak besar yang mengapung, digunakan untuk mengangkut barang dan ditarik dengan kapal tunda atau digunakan untuk mengakomodasi pasang-surut seperti pada dermaga apung.

Tongkang sendiri ada yang memiliki sistem pendorong (propulsi) seperti kapal pada umumnya dan biasanya di sebut dengan *self propeller barge (SPB)*. Pembuatan kapal tongkang juga berbeda karena hanya konstruksi saja, tanpa sistem seperti kapal pada umumnya. Tongkang sendiri umum digunakan untuk mengangkut muatan dalam jumlah besar seperti kayu, batubara, pasir dan lain-lain.

Karakteristik *ponton* atau tongkang adalah:

1. Hanya membawa barang di atas geladak
2. Mempunyai perbandingan antara lebar dan tinggi kapal tidak lebih dari 3,0
3. Mempunyai *block coefficient* 0,9 atau lebih.[2]



Gambar 1 Kapal Tongkang

### 2.2 Jenis – Jenis Tongkang Berdasarkan Muatan

Berdasarkan jenis muatannya, kapal tongkang/barge dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu :

#### 2.2.1 Tongkang pengangkut batubara atau hasil tambang

Di Indonesia tambang batubara paling banyak berada di Kalimantan, sekalipun di pulau besar yang lain juga ada tambang batubara, seperti Sumatra misalnya, namun tetap Kalimantan adalah tempat yang paling banyak terdapat industri pertambangan batubara. Untuk mensuplai pasokan batubara keseluruh Indonesia diperlukan sarana pengangkut batubara yang memadai dan dapat menjangkau ke seluruh Indonesia, oleh sebab itu diperlukan tongkang sebagai pengangkut batubara.

#### 2.2.2 Tongkang pengangkut kayu

Seiring dengan meningkatnya proses produksi pengolahan kayu, maka kebutuhan jumlah bahan baku dasar juga semakin meningkat. Pulau Kalimantan merupakan tempat penghasil kayu terbesar di Indonesia. Sedangkan kayu ini sendiri sangat dibutuhkan pabrik-pabrik pengolahan kayu di Pulau Jawa untuk proses produksi. Yang menjadi permasalahan adalah proses pengiriman bahan baku pengolahan kayu dari Pulau Kalimantan ke Pulau Jawa yang dipisahkan oleh Laut Jawa. Untuk memenuhi kebutuhan kayu ini maka perencanaan transportasi pendukung pengiriman perlu diperhatikan. Perencanaan transportasi yang dilakukan ini merupakan perencanaan dalam penentuan kapasitas pengiriman kayu dan jumlah armada yang diperlukan dalam usaha pemenuhan kebutuhan.

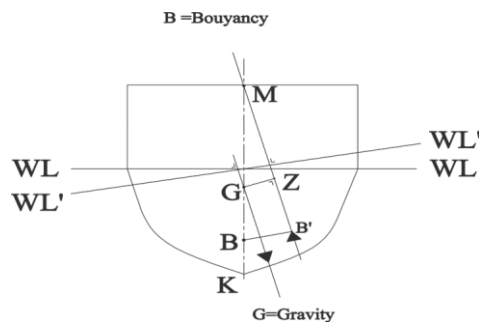
### 2.2.3 Tongkang pengangkut limbah

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga). Dalam beberapa kasus (limbah batubara), limbah tidak dapat dibuang menggunakan sarana transportasi darat, oleh karena itu salah satu *alternative* yang digunakan untuk mengangkut limbah adalah tongkang yang mempunyai kapasitas angkut yang cukup memadai.

### 2.3 Perhitungan Stabilitas

Stabilitas kapal adalah kemampuan kapal untuk kembali ke posisi semula (normal) dari posisi miring (*heeling*) setelah mendapat gaya-gaya eksternal pada kapal tersebut sebagai akibat dari perubahan distribusi muatan di atas kapal dan kondisi eksternal (gelombang, angin, dsb.). Menurut Buku Teori Bangunan Kapal I Stabilitas kapal dibedakan atas:

1. Stabilitas Awal (*Initial Stability*) yakni stabilitas kapal pada kondisi statis (diam / kapal tidak bergerak).
2. Stabilitas Dinamis (*Dynamic Stability*) yakni stabilitas kapal pada kondisi operasional atau bergerak (dinamis).



Gambar 2 Stabilitas Monohull

### 2.4 Perhitungan Kekuatan

Untuk menghitung kekuatan sebuah struktur maka harus dipahami mengenai perilaku struktur tersebut apakah linear atau nonlinear. Analisa beban statis (*static analysis*) dilakukan untuk melihat kekuatan struktur suatu model, dimana daerah yang mengalami tegangan paling kritis setelah tongkang mendapat muatan penuh dan dalam keadaan *Sagging* dan *Hogging*, yaitu dengan melihat hubungan antar komponen dan struktur pendukung serta bentuk deformasinya. Dengan kemajuan teknologi komputer, *software* dan

*hardware*, maka analisa kekuatan dapat dilakukan dengan lebih mudah dan cepat dan dapat disesuaikan dengan kompleksitas desain *object* yang dianalisa dibandingkan dengan metode *konvensional* tanpa mengurangi kualitas hasil perhitungan dan lebih cepat dalam prosesnya.

### 2.5 Gambaran Tongkang Pengangkut Limbah

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga). Kehadiran limbah dapat berdampak negatif terhadap lingkungan terutama bagi kesehatan manusia, sehingga perlu dilakukan penanganan terhadap limbah. Salah satu penanganan limbah adalah dengan mengangkut limbah tersebut dari tempat yang menghasilkan limbah tersebut ke tempat pengolahan limbah, salah satu solusi pengangkutan limbah dengan kapasitas besar adalah dengan menggunakan tongkang.



Gambar 3 Tongkang Pengangkut Limbah Batubara

### 2.6 Konsep Perancangan

Konsep perancangan kapal tak terlepas pada konsep *design spiral*, bahwa suatu kapal untuk dapat dibuat harus memenuhi segala aspek yang tercantun dalam *spiral design*, hal ini membuat kompleks dalam merancang suatu kapal, karena peninjauan kembali desain menjadi hal yang sangat penting, karena kapal adalah produk yang tidak dapat dibuat dalam *quantitas* yang banyak, ada aspek yang menjadi harus kenapa suatu kapal dibuat: untuk memenuhi kebutuhan *owner* dalam *supply* perpindahan barang, material, ataupun orang. Sehingga untuk dibuatnya suatu kapal harus mempertimbangkan aspek daerah pelayaran, kondisi perairan, kapasitas *load* (muatan) kapal, hal ini lah mengapa kapal diproduksi dalam jumlah yang limit. [9]

## 2.7 Metode Perancangan

Dalam proses merancang kapal, perencanaan dari desain hingga direncanakan di bisnis *development*, setelah dibuat *planning* yang baik karena menginvestasikan uang yang banyak termasuk membuat *feasibility study* membandingkan *revenue* dengan biaya total kapal dan *operational cost* kapal. Setelah melakukan *planning*, kemudian *contract design* maka kita menentukan metode-metode dalam perancangan kapal.

Metode dalam mendesain kapal yang digunakan dalam hal ini adalah metode *parent design approach*. *Parent design approach* merupakan salah satu metode dalam mendesain kapal dengan cara perbandingan atau komparasi, yaitu dengan cara mengambil sebuah kapal acuan kapal pembanding yang memiliki karakteristik yang sama dengan kapal yang akan dirancang. Dalam hal ini *designer* sudah mempunyai referensi kapal yang sama dengan kapal yang akan dirancang, dan terbukti mempunyai *performance* yang bagus (secara teknologi dan operasional bagus). [8]

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Studi Literatur

Dalam penyelesaian penelitian ini yang harus diperhatikan dalam studi literatur adalah metode pengumpulan data, mempelajari perairan di sekitar PLTU dan mempelajari *software* yang akan digunakan.

### 3.2 Studi Lapangan

Studi lapangan untuk pengumpulan data dilakukan dengan bertanya secara langsung dan wawancara kepada pihak-pihak yang terkait dalam penelitian ini.

### 3.2. Pengolahan Data

Data didapat dari berbagai referensi, yaitu buku-buku, majalah, artikel, jurnal, dan internet. Untuk mengetahui lebih spesifik tentang perancangan sebuah tongkang, maka dilakukan pula survey lapangan ke perusahaan yang telah melakukan pembuatan tongkang di Indonesia. Dari berbagai referensi yang didapatkan tersebut kemudian ditentukan ukuran utama tongkang yang optimal, fungsional, efektif, dan efisien untuk kebutuhan di PLTU Tanjung Jati B Jepara

## 4. PERHITUNGAN DAN ANALISA DATA

### 4.1 Persyaratan (*Requirements*)

#### 4.2.1. Karakteristik Kapal Yang Diinginkan

Tongkang yang direncanakan ini merupakan tongkang yang mengangkut limbah

batubara yang stabilitasnya memenuhi persyaratan IMO.

#### 4.2.2. Tinggi Sarat Kapal

Untuk dapat beroperasi dengan baik pada saat pasang surut di musim kemarau, tinggi sarat haruslah mencukupi, sehingga kapal tersebut tidak sampai kandas di tepi sungai.

#### 4.4.3. Lebar Kapal

Untuk dapat beroperasi dengan baik dan tidak mengganggu kapal-kapal lain yang sedang beroperasi, maka lebar kapal ditentukan sebagai acuan agar tidak terjadi kecelakaan saat beroperasi.

## 4.2 Kapal Pembanding

Untuk kapal pembanding yang digunakan adalah tipe *barge* pengangkut limbah dan pengangkut muatan curah dengan membandingkan bentuk lambung yang sama dan dimensi ukuran yang mendekati ukuran kapal yang akan dirancang. :

Tabel 2 Kapal Pembanding

NAMA KAPAL	L	H	T	B	Situs
BG. Baruma Power 3001	91,44	5,49	4,4	24,38	<a href="http://www.bahteradhiguna.com">www.bahteradhiguna.com</a>
BG. ISMAYA	131,58	8,76	6,23	27,65	<a href="http://www.klasifikasiindonesia.com">www.klasifikasiindonesia.com</a>
BG. PAMUKAN	103,94	5,60	4,09	25,98	<a href="http://www.klasifikasiindonesia.com">www.klasifikasiindonesia.com</a>
BG. ABS Loadline	100,75	4,90	3,79	26,85	<a href="http://www.oceanmarine.com">www.oceanmarine.com</a>
BG. West Coast	105,68	5,29	4,35	27,00	<a href="http://www.oceanmarine.com">www.oceanmarine.com</a>

Data tabel 2 di atas diambil dari berbagai sumber yang berkaitan dengan kapal tongkang, dan ukuran yang mendekati dengan kapal yang akan dirancang.

### 4.3 Penentuan Ukuran Utama Kapal

Untuk menentukan ukuran utama kapal dalam pra perancangan ini digunakan metode kapal pembanding (*comparison method*), dengan mengoptimasikan perbandingan ukuran utama kapal pembanding, kemudian mengambil satu komponen variabel utama dari ukuran utama kapal. Pada pra perancangan ini, komponen yang dijadikan variabel utama adalah sarat rata-rata sungai.

Dari harga perbandingan pada tabel 3, dapat diketahui harga minimal dan maksimal perbandingan ukuran utama kapal pembanding. Dalam proses perancangan ini yang diambil sebagai parameter untuk menentukan ukuran utama kapal hanya perbandingan  $L_{wl}/B$  dan  $B/T$ . Dengan pengoptimasian perbandingan ukuran utama kapal tersebut, didapat ukuran utama kapal yaitu :

$$LOA : 106,68 \text{ m} \quad B : 25,91 \text{ m}$$



H : 5,5 m      T : 4,57 m

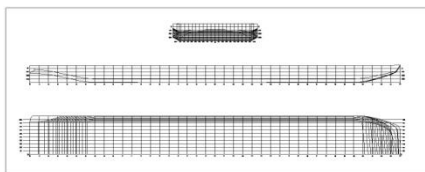
Tabel 3 Parameter Optimasi

NAMA KAPAL	L/H	L/B	L/T	B/T
BG. Baruna Power 3001	16,66	3,75	20,78	5,54
BG. ISMAYA	15,02	4,76	21,12	4,44
BG. PAMUKAN	18,56	4,00	25,41	6,35
BG. ABS Loadline	20,56	3,75	26,58	7,08
BG. West Coast	20,56	3,75	26,58	7,08

Dari tabel 3 diatas, dapat dilihat parameter optimasi dari kapal rancangan sudah sesuai standar dari kapal pembanding.

#### 4.4 Rencana Garis Kapal

Rencana garis untuk tongkang ini dibuat dengan memodelkan desain awalnya dengan membuat surface model box. Kemudian membuat model menjadi desain yang diinginkan dengan tidak mengurangi dasar-dasar gambar tongkang. Sehingga di peroleh gambaran karakteristik awal model.

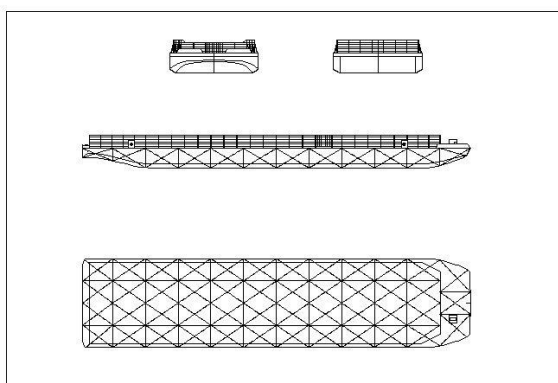


Gambar 4 Lines Plan Tongkang

Gambar 4 adalah bentuk *lines plan* badan kapal yang telah dirancang.

#### 4.5 Rencana Umum Kapal

Gambaran rencana umum kapal digunakan sebagai petunjuk dalam penyusunan ruang-ruangan yang dibutuhkan. Selain itu juga untuk menentukan besarnya dan tata letak ruang muat pada kapal.



Gambar 6 Rencana Umum Tongkang

Sesuai dengan peletakan dan penyusunan ruangan di rencana umum kapal, maka jumlah ruang muat tongkang adalah tiga ruangan.

#### 4.6 Perhitungan Berat Kapal

Ukuran Utama Kapal :  
Load Water Line (LWL) : 106,205 m

Lebar (B) : 25,91 m  
Tinggi (H) : 5,5 m  
Sarat (T) : 4,57 m  
Koefisien Blok (Cb) : 0,89

Berdasarkan Buku Parametric Design, Michael G. Parsons Chapter 11 Hal 22 berat kapal kosong (LWT) dapat dihitung dengan rumus;

- $W_{st} = K \times E^{1,36}$   
 $W_{st} = 0,03 \times (3334,87)^{1,36}$   
 $W_{st} = 1855,70 \text{ ton}$
- Berat outfit dan akomodasi (Woa)  
 Rumus katsoulis (Lectures on ship design and ship theory)  
 $W_{oa} = K \times L^{1,3} \times B^{0,8} \times H^{0,3}$   
 $W_{oa} = 292,60 \text{ ton}$
- Berat cadangan (Wres)  
 Wres diperlukan untuk menghindari kesalahan perhitungan, dll  
 $W_{res} = (2 \sim 3) \% \text{ LWT}$   
 $LWT = W_{st} + W_{oa}$   
 $LWT = 2148,30 \text{ ton}$   
 $W_{res} = 42,96 \text{ ton}$   
 Jadi total keseluruhan LWT kapal ini adalah 2148,30 ton  
 Dari perhitungan di atas maka kita dapat menentukan DWT kapal, yaitu :  
 $DWT = \Delta - LWT$   
 $DWT = 9100 \text{ ton}$

#### 4.7 Analisa Stabilitas Kapal

Stabilitas memegang peranan penting dalam hal perencanaan keselamatan kapal. Kemampuan kapal ini dapat juga diartikan sebagai respon kapal terhadap kecepatan dan gelombang arus laut. Kapal yang kaku akan kembali ke posisi tegak dalam periode yang sangat cepat. Kondisi seperti ini menyebabkan kapal mempunyai nilai MSI (*Motion Sickness of Incident*) yang cenderung tinggi. Namun pada dasarnya stabilitas adalah kapal dengan momen pembalik (*righting moment*) yang cukup untuk membuat kapal kembali ke posisi tegak ketika mendapat gaya dari luar yang menyebabkan olengan.

Sebagai persyaratan yang wajib tentunya stabilitas kapal harus mengacu pada standart yang telah ditetapkan oleh biro klasifikasi setempat atau *marine authority* seperti *International Maritime Organisation (IMO)*.

Dalam menghitung stabilitas kapal pengangkut limbah kita harus membuat variasi beberapa kondisi kapal sehingga diketahui stabilitas untuk tiap kondisinya. untuk lebih detailnya dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 3 Quantty tiap-tiap kondisi

	Kondisi 1	Kondisi 2	Kondisi 3	Kondisi 4	Kondisi 5	Kondisi 6	Kondisi 7	Kondisi 8
Gypsum	100%	75%	50%	25%	0%	70%	57%	17%
Abu Batubara (Bottom Ash)	100%	75%	50%	25%	0%	85%	20%	40%
Abu Batubara (Fly Ash)	100%	75%	50%	25%	0%	65%	0%	35%

Pada semua kondisi kapal tongkang mempunyai stabilitas yang stabil karena titik M diatas titik G dan nilai GZ yang paling besar terjadi pada kondisi V pada saat kapal dalam keadaan kosong, kondisi VII dan kondisi VIII pada saat kapal mempunyai variasi muatan.

Tabel 4 Hasil analisa stabilitas kapal kondisi 1-4

Criterion	IMO Minimum	Actual			
		K1	K2	K3	K4
Area 0° to 30°	3,151 m.deg	25,12	65,98	106,23	149,85
Area 0° to 40°	5,157 m.deg	29,72	88,64	147,69	211,52
Area 30° to 40°	1,719 m.deg	4,60	22,66	41,47	61,66
Max GFZ 30°/Grtr	0,2 m	0,65	2,52	4,46	6,48
Angle of Max GZ	15 deg	13,00	19,90	22,80	23,60
GFM0	0,15 m	11,26	14,34	19,53	28,65
Status =		Pass	Pass	Pass	Pass

Tabel 8 Hasil analisa stabilitas kapal kondisi 5-8

Criterion	IMO Minimum	Actual			
		K5	K6	K7	K8
Area 0° to 30°	3,151 m.deg	208,03	68,97	142,54	135,73
Area 0° to 40°	5,157 m.deg	295,37	92,97	200,87	190,69
Area 30° to 40°	1,719 m.deg	87,33	24,00	58,33	54,96
Max GFZ 30°/Grtr	0,2 m	8,86	2,66	6,12	5,81
Angle of Max GZ	15 deg	29,30	20,90	23,70	23,70
GFM0	0,15 m	28,65	14,58	28,41	26,16
Status =		Pass	Pass	Pass	Pass

#### 4.8 Analisa Kekuatan

Pada tongkang yang akan di rencanakan, pemeriksaan kekuatan memanjang di dasarkan pada rules ABS khusus untuk barge tahun 2014.

Perhitungan dilakukan dengan menghitung modulus penampang dan momen inersia dari profil-profil yang menunjang kekuatan secara memanjang. Diantaranya adalah pelat geladak, pelat sisi, pelat alas, pembujur sisi, pembujur alas, pembujur geladak, dan sekat memanjang.

#### 4.9 Perhitungan tebal pelat kapal

##### 1. Tebal Pelat Sisi Amidship

$$t = 0.07L + 0.007s \text{ mm for } L \leq 150 \text{ meters}$$

dengan s = jarak gading = 0,6 m  
maka nilai t = 7967 mm ≈ 8 mm

##### 2. Tebal Pelat Alas

$$t = 0.045L + 0.007s + 1.8 \text{ mm for } L \leq 123 \text{ meters}$$

dengan s = jarak gading = 0,6 m  
maka nilai t = 12452 mm ≈ 12 mm

##### 3. Tebal Pelat Minimum

$$t = 0.015L + 0.01s + 2.2 \text{ mm for } L > 76 \text{ meters}$$

dengan s = jarak gading = 0,6 m  
maka nilai t = 7602 mm ≈ 8 mm

##### 4. Tebal Pelat alas Minimum

$$t = 0.055L + 0.01s + 1.0 \text{ mm for } L \leq 110 \text{ meters}$$

dengan s = jarak gading = 0,6 m  
maka nilai t = 7868.4 mm ≈ 8 mm

##### 4. Tebal Pelat alas Minimum

$$t = 0.055L + 0.01s + 1.0 \text{ mm for } L \leq 110 \text{ meters}$$

dengan s = jarak gading = 0,6 m  
maka nilai t = 7868.4 mm ≈ 8 mm

##### 5. Tebal Pelat Geladak

$$t = 0.01L + 2.3 \text{ for } s \leq 760 \text{ mm}$$

dengan s = jarak gading = 0,6 m  
maka nilai t = 10091 ≈ 10 mm

$$t = (s(L+45.73))/(25L+6082) \text{ for } L \leq 183 \text{ meters}$$

$$t=10.48$$

##### 6. Tebal Pelat Geladak Minimum pada 0.1L F

$$t = 0.03L + 0.0036s + 2.8 \text{ mm}$$

$$t=3203.2 \text{ mm}$$

Dengan menggunakan penampang melintang midship, didapatkan perhitungan sebagai berikut :

No	Nama Bagian	Jumlah (n)	Lebar (cm) (B)	Tinggi (cm) (H)	Luas Total (cm²) (A <sub>T</sub> )	Titik Berat (cm) (Z)	Momen (cm⁴) (I <sub>x</sub> x Z)	A <sub>x</sub> Z² (cm⁴)	Momen Inersia (cm⁴) (I <sub>x</sub> x B x H³)
1	Pelat Alas	13,00	180,00	12,00	2160,00	6,00	12960,00	77760,00	25920,00
2	Pelat Alas Dalam	15,00	180,00	12,00	2160,00	178,00	38400,00	6847440,00	25920,00
3	Pelat Sisi Dalam	6,00	125,00	8,00	1000,00	360,00	36000,00	12360000,00	5333,33
4	Pelat Sisi	6,00	180,00	8,00	1280,00	329,00	42110,00	13954800,00	6026,67
5	Pelat Bilga	2,00	213,00	12,00	2556,00	54,00	138024,00	7452296,00	30672,00
6	Pelat Geladak	15,00	180,00	10,00	1800,00	554,00	99700,00	53440000,00	15300,00
7	Pembujur Sisi Web	14,00	13,00	1,00	13,00	380,00	4904,00	123232,00	1,08
8	Pembujur Sisi Flange	14,00	1,00	6,50	6,50	304,25	1977,96	60033,67	22,89
9	Pembujur Sisi Dalam Web	14,00	13,00	1,00	13,00	4394,00	4394,00	1465172,00	1,08
10	Pembujur Sisi Dalam Flange	14,00	1,00	6,50	6,50	336,67	2108,33	736738,89	22,89
11	Pembujur Alas Web	30,00	1,00	13,00	13,00	6,50	84,50	540,25	183,00
12	Pembujur Alas Flange	30,00	6,50	1,00	6,50	6,50	42,25	274,63	0,54
13	Pembujur Alas Dalam Web	30,00	1,00	13,00	13,00	283,00	2639,00	55517,00	183,00
14	Pembujur Alas Dalam Flange	30,00	6,50	1,00	6,50	159,00	1033,50	164206,50	0,54
15	Pembujur Geladak Web	40,00	1,00	13,00	13,00	484,00	6292,00	3045320,00	183,00
16	Pembujur Geladak Flange	40,00	6,50	1,00	6,50	484,00	3146,00	152264,00	0,54
					11053,50		228996,44	93581611,94	11070,81
					S1		S2	S3	S4

##### Titik Berat

$$\text{Terhadap Dasar (z1)} = S2/S1 = 211,66 \text{ cm}$$

##### Titik Berat

$$\text{Terhadap Geladak (z2)} = z1-H = 172,40 \text{ cm}$$

$$I_{xx} = S3+S4 = 933459315,06 \text{ cm}^4$$

$$I_{NA} = 4,3826 \text{ m}^4$$

Modulus Penampang

Terhadap Bottom =  $I_{NA}/z1$

$$W_{bottom} = 2070594,398 \text{ cm}^3 \quad 2,0705 \text{ m}^3$$

Modulus Penampang

Terhadap Deck =  $I_{NA}/z2$

$$W_{deck} = 1694756,28 \text{ cm}^3 \quad 1,6947 \text{ m}^3$$

Kondisi Sagging

$$\text{Diketahui : } C_0 = 10,75 - \left[ \frac{300-L}{100} \right]^{1,5}$$

$$C_0 = 8,06$$

$$C_1 = -0,11(Cb+0,7)$$

$$C_1 = -0,1749$$

$$C_L = 1,0$$

$$C_M = 1,0$$

$$M = 106,68^2 \cdot 25,91 \cdot 8,06 \cdot -0,1749 \cdot 1,0 \cdot 1,0$$

$$M = -415679 \text{ kNm}$$

#### 4.10 Pemeriksaan Modulus Penampang

##### Modulus Penampang Minimum

$$SM_R = K SM_B$$

$$K = 0,03$$

$$SM_B = C1C2L^2B \quad (CB = 0.7)$$

$$C1 = 7,32$$

$$C2 = 1,44 \times 10^{-4}$$

$$L = 106,68$$

$$B = 25,91$$

$$CB = 0,89$$

$$SM_R = 1,2676 \text{ m}^3$$

$$SM_B = 1,2388 \text{ m}^3$$

$M_{wv} =$  Kondisi Hogging+Kondisi Sagging

$$M_{mv} = 401657 + (-415679) \text{ kNm}$$

$$M_{mv} = -14022,2 \text{ kNm}$$

##### Bending Momen Air Tenang

Bending momen air tenang yang diizinkan dihitung dengan rumus :

$$M_{sw} = M_T - M_{wv} \text{ [kNm]}$$

$$M_{sw} = 575422,2 \text{ kNm}$$

$$\text{Diketahui : } M_{mv} = -14022,2 \text{ kNm}$$

$$M_T = 561400 \text{ kNm}$$

##### Modulus Penampang Perhitungan

$$W_{Bottom} = 2,0705 \text{ m}^3$$

$$W_{Deck} = 1,6947 \text{ m}^3$$

Dari hasil perhitungan diketahui bahwa modulus telah memenuhi modulus penampang minimum.

Total bending momen memanjang kapal dapat dihitung dengan menggunakan formula sebagai berikut :

$$M_T = M_{sw} + M_{wv}$$

$$M_T = 575422,2 + (-14022,2)$$

$$M_T = 561400 \text{ kNm}$$

##### Pemeriksaan Momen Inersia

##### Momen Inersia Minimum

$$I = 0,03 \cdot SM_{RL}$$

$$= 4,3610 \text{ m}^3$$

Pengecekan Kekuatan

a. Di Bagian Deck

$$\sigma = \frac{M_{sw}}{Wd}$$

$$\sigma = 139,73 \text{ Mpa}$$

##### Momen Inersia Perhitungan

$$I_{NA} = 4,3826 \text{ m}^3$$

Dari hasil perhitungan diketahui bahwa modulus penampang deck dan bottom telah memenuhi modulus penampang minimum dalam ketentuan ABS.

b. Di Bagian Bottom

$$\sigma = \frac{M_{sw}}{Wb}$$

$$\sigma = 145,82 \text{ Mpa}$$

#### 4.11 Perhitungan Momen Bending

Bending Momen Gelombang

$$M_{wv} = L^2 \cdot B \cdot C_0 \cdot C_1 \cdot C_L \cdot C_M$$

Kondisi Hogging

$$\text{Diketahui : } C_0 = 10,75 - \left[ \frac{300-L}{100} \right]^{1,5}$$

$$C_0 = 8,06$$

$$C_1 = 0,19 \cdot Cb$$

$$C_1 = 0,1691$$

$$C_L = 1,0$$

$$C_M = 1,0$$

$$M = 106,68^2 \cdot 25,91 \cdot 8,06 \cdot 0,169 \cdot 1,0 \cdot 1,0$$

$$M = 401657 \text{ kNm}$$

##### Yield strength material

$$\sigma_p = CS \cdot \sigma_{po}$$

$$\sigma_p = 145,82 \text{ Mpa}$$

$\sigma$  yield menurut ABS tidak boleh melebihi dari 90% *yield strength material*

$$\sigma_{abs} = 0,9 \cdot \sigma_y$$

$$\sigma_{abs} = 225 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_p < \sigma_{abs} = \text{memenuhi}$$

## 5. Penutup

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa data yang dilakukan mengenai analisa *kekuatan dan stabilitas kapal* tongkang dengan menggunakan *software Maxsurf* dan perhitungan kekuatan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan metode regresi dengan kapal pembanding, didapatkan ukuran utama kapal yaitu LOA = 106,68 m, B = 25,91 m, H = 5,5 m, T = 4,57 m, cb = 0,89, DWT = 9100 ton

2. Hasil perhitungan analisa stabilitas ini Pada semua kondisi kapal tongkang mempunyai stabilitas yang stabil karena titik M diatas titik G dan nilai GZ yang paling besar terjadi pada kondisi VII dan kondisi VIII pada saat kapal mempunyai variasi muatan. Dari segi analisa kekuatan, setelah dilakukan pemeriksaan kekuatan memanjang, tongkang tersebut telah memenuhi standar klas ABS. dapat dilihat dari hasil perhitungan *yield strength*  $\sigma_p = 145,82$  Mpa tidak melebihi dari ketentuan ABS  $\sigma_{abs} = 225$  Mpa.

### 5.2 Saran

Tugas akhir yang disusun penulis ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan tugas akhir ini dapat dikembangkan lagi secara mendalam dengan kajian yang lebih lengkap.

Adapun saran penulis untuk penelitian lebih lanjut (future research) antara lain :

1. Adanya sumbangsih dari penelitian-penelitian serupa yang menggunakan model secara fisik dan diuji dengan fasilitas kolam uji sangat diharapkan. Dengan harapan dapat menghasilkan data - data yang lebih riil sehingga kajian optimalisasi hullform semakin maksimal.
2. Memperluas kajian pembahasan, misalnya dengan memperhitungkan biaya dan modifikasi kapal dengan penambahan mesin.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] American Bureau of Shipping (ABS). 2009. *Rules For Building And Classing Steel Barge*. American Bureau of Shipping (ABS). Jakarta.
- [2] Berlian Arswendo A. 2011. *ANALISA KEKUATAN DECK PADA PONTON BATUBARA PRAWIRAMAS PURI PRIMA II 1036 DWT DENGAN SOFTWARE BERBASIS METODE ELEMEN HINGGA*. Ejournal Undip, 2011.
- [3] C. Gillmer, Thomas. 1975. *Modern Ship Design*. Annapolis:Naval Institute Press.
- [4] Manning. 1968. *The Theory and Technique of Ship Design*. New York : The Massachusetts
- [5] Tupper, Eric. 1996. *Introduction to Naval Architecture*. London:Elsevier Science Ltd.
- [6] Taggart.R.Cs.1980.*Ship design and contruction*. New York : Amazon
- [7] Tabaczek, Tomas. 2007. *Analysis of hullresistance of pushed barges in shallowwater*. Polish Maritime Research Journal, 2007.
- [8] Watson,D.G.M. 1998. *PRACTICAL SHIP DESIGN vol. 1* .London : Elsevier Science Ltd.
- [9] Burangkeng. 2013. Pengolahan Limbah Batubara Yang Tepat. *From <http://burangkeng.net/news/5/PENGOLAH-AN-LIMBAH-BATUBARA-YANG-TEPAT-UNTUK-KEBAIKAN-LINGKUNGAN>*, 20 April 2014 Pukul 20:00 WIB.
- [9] Rindo,Good. 2013. Design Spiral dan Perancangan Kapal. *From <http://goodrindo.blogspot.com/2011/10/design-spiral-dan-perancangan-kapal.html>* , 07 Mei 2014 Pukul 09:10 WIB.
- [10] Suara Merdeka. 2013. Nelayan Tolak Kapal Tongkang. *From <http://m.suaramerdeka.com/index.php/read/cetak/2013/05/10/224213>*, 07 Mei 2014 Pukul 11.00 WIB.