

Analisis Perubahan Kapasitas Akibat Perubahan Tinggi Tongkang 300 Feet Pada Kapal XXX

Iko Shelvy Dewoyo Putri¹, Aang Wahidin²

¹Program Studi Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

²Dosen Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

E-mail : ikoshelvy@student.ppns.ac.id

Abstrak

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia yang secara geografis terletak antara pada posisi strategis. 2/3 bagian dari Indonesia merupakan lautan, transportasi di wilayah lautan yang cocok untuk menunjang sector perekonomian di Indonesia adalah kapal. Akhir akhir ini beberapa sector industri mengalami perkembangan yang signifikan terutama di bidang batubara. Pemesanan kapal untuk mengangkut batubara kian meningkat, menyebabkan pemilik kapal berkeinginan untuk menaikkan kualitas dan jumlah muatan kapal, yakni dengan cara menambah tinggi kapal guna menambah kapasitas muat dalam jumlah yang besar, yang awalnya memiliki tinggi 18 *feet* menjadi 20 *feet*. Adanya perubahan pada kapal tongkang perlu dilakukan analisa lebih lanjut. Maka dari itu tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis perubahan kapasitas yang diakibatkan oleh perubahan tinggi pada kapal tongkang 300 *feet*. Dalam penelitian ini, kapal tongkang dengan tinggi 20 *feet* mendapatkan nilai kapasitas muat maksimal sebesar 8745 ton, dengan *deck load* 7 ton/m². Dilanjutkan dengan melakukan perhitungan kekuatan konstruksi geladak dengan acuan *rules* BKI yang hasilnya memenuhi tanpa adanya perubahan konstruksi geladak. Hasil analisis stabilitas kapal menggunakan bantuan *software Maxsurf Stability* dan menunjukkan hasil yang telah memenuhi standart sesuai *IMO*.

Keywords: Kapal Tongkang, Kapasitas Muat, Modifikasi, Stabilitas, *Software Autocad dan Maxsurf*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia yang secara geografis terletak pada posisi strategis, yakni di persilangan antara dua benua dan dua samudera. Indonesia terdiri dari 17.000 pulau, dan 516 kabupaten dan kota yang tersebar di seluruh pelosok negeri ini, sementara 2/3 bagian dari Indonesia merupakan lautan. Melihat dari Indonesia yang memiliki banyak pulau tentunya membutuhkan transportasi untuk menunjang sektor perekonomian di Indonesia. Hal ini merupakan peluang besar untuk usaha bidang cargo adalah kapal, kerena kapal mampu mengangkut cukup banyak muatan ketimbang jenis transportasi lainnya.

Tongkang merupakan alat bantu untuk mengangkut muatan curah khususnya material hasil pertambangan. Tongkang dirancang berbentuk lambung dan tidak memiliki sistem propulsi sendiri. Untuk pengoperasiannya harus dibantu dengan kapal *tugboat*. *Tub boat* berfungsi untuk menarik Tongkang tersebut. Di perairan sungai - sungai besar Samarinda, tongkang digunakan sebagai alat transportasi melalui jalur laut untuk membantu proses pengangkutan barang seperti hasil pertambangan. Akhir akhir ini beberapa sector industri mengalami perkembangan dan kemajuan yang sangat signifikan, tidak terkecuali di bidang batubara dan sektor sektor lainnya. Pemesanan kapal untuk mengangkut batubara kian meningkat. Hal ini mendorong agar pemilik kapal memperbaiki pelayanan terhadap konsumennya dengan meningkatkan kualitas maupun jumlah muatan kapal tersebut agar mampu bersaing dalam pengoperasiannya. Oleh karena itu banyak perusahaan kapal yang ingin memodifikasi kapalnya guna meningkatkan nilai ekonomis kapal tersebut, tentunya dengan memperhatikan syarat syarat yang telah ditetapkan oleh pihak klas.

Kapal tongkang 300 *feet* ini merupakan salah satu kapal tongkang dari beberapa kapal yang mengalami perubahan bentuk, dengan menambah tinggi kapal guna dapat mengangkut muatan yang lebih besar dan lebih

banyak dari sebelumnya. Tentunya dalam perubahan bentuk kapal tersebut harus diverifikasi terhadap perubahan *freeboard* dan stabilitasnya.

Berdasarkan data yang ada pada kapal tongkang 300 *feet*, pemilik kapal akan melakukan modifikasi kapalnya yaitu dengan penambahan tinggi kapal 2 *feet* yang semula adalah 18 *feet* menjadi 20 *feet*. Penambahan tinggi kapal yang hanya 2 *feet* ini dikarenakan jika terjadi perubahan yang cukup tinggi maka akan membutuhkan biaya yang cukup besar, dengan adanya hal tersebut tentu perlu dilakukan perencanaan yang baik mengenai perubahan ukuran utama kapal yaitu berupa desain gambar modifikasi dan data perhitungan mengenai kapasitas muat dan stabilitas kapal yang akan dihasilkan setelah dilakukan perubahan tinggi pada kapal tongkang 300 *feet*. Semua perhitungan dan perencanaan akan disesuaikan dengan aturan dan syarat yang berlaku di daerah pelayaran Indonesia.

1.2. Rumusan Masalah

Sehubungan dengan uraian pada latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang akan dicari penyelesaian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa kapasitas muat maksimum yang diperoleh kapal akibat perubahan tinggi kapal dari 18 *feet* menjadi 20 *feet* ?
2. Berapa *deck load* yang diperoleh kapal akibat perubahan tinggi kapal dari 18 *feet* menjadi 20 *feet* ?
3. Bagaimana kekuatan konstruksi geladak yang diperoleh kapal akibat perubahan tinggi kapal dari 18 *feet* menjadi 20 *feet* ?
4. Bagaimana stabilitas kapal akibat perubahan tinggi kapal dari 18 *feet* menjadi 20 *feet* ?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui kapasitas muat maksimum kapal akibat terjadi perubahan tinggi kapal dari 18 *feet* menjadi 20 *feet*
2. Untuk mengetahui *deck load* kapal akibat terjadi perubahan tinggi kapal dari 18 *feet* menjadi 20 *feet*
3. Untuk mengetahui kekuatan konstruksi geladak yang diperoleh kapal akibat terjadi perubahan tinggi kapal dari 18 *feet* menjadi 20 *feet*
4. Untuk mengetahui stabilitas yang diperoleh kapal akibat perubahan tinggi kapal dari 18 *feet* menjadi 20 *feet*

2. METODOLOGI PENELITIAN

Pada proses penyusunan penelitian ini maka diperlukan langkah – langkah sistematis dan terarah sehingga menghasilkan penelitian yang tepat sasaran sesuai dengan rumusan masalah dan tujuan penelitian. Langkah – langkah yang dilakukan yaitu

1. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Pada langkah awal ini dilakukan identifikasi terhadap permasalahan agar mendapatkan rumusan dan tujuan dari permasalahan dapat terarah. Identifikasi dapat dilakukan dengan mencari masalah yang terjadi di tempat OJT atau *On The Job Training*. Bantuan pembimbing OJT dalam berdiskusi sangat bermanfaat untuk penentuan topik tugas akhir. Sehingga, ditentukan permasalahan berupa perubahan tinggi pada kapal tongkang XXX.

2. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan dengan mengumpulkan referensi – referensi dari berbagai sumber diantaranya perpustakaan, jurnal, buku, internet dan juga dari terakhir terdahulu. *Studi literatur* dilakukan untuk memperoleh dasar teori yang akan digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir dari permodelan hingga Analisa kapal.

3. Pengumpulan Data

Pada Tahap ini dilakukan pengumpulan data data pendukung yang dibutuhkan diantaranya berupa data pendukung yakni *linesplan* dan *general arrangement* dan *midship section* kapal tongkang XXX, serta data pendukung lainnya. Data pendukung ini dibutuhkan untuk permodelan serta perhitungan yang akan dilakukan pada penelitian ini.

4. Pengolahan Data

Pada tahap ini data yang sudah diperoleh akan dihitung ulang untuk perhitungan dan penggambaran permodelan kapal sekaligus Analisa kapasitas muat dan stabilitas pada kapal akibat terjadi perubahan pada tinggi kapal tongkang XXX.

5. Perubahan Tinggi Kapal

Pada tahap ini dilakukan perubahan ukuran utama dari kapal tongkang XXX dikarenakan terjadi perubahan tinggi kapal dari 18 *feet* menjadi 20 *feet* sehingga ukuran pertama kapal pun akan berbeda.

6. Perhitungan *Freeboard* Kapal
Perhitungan lambung timbul (*freeboard*) kapal digunakan untuk menunjukkan batas muatan kapal agar memenuhi syarat untuk berlayar. Data yang diperlukan merupakan data utama kapal dan *linesplan*. Perhitungan lambung timbul disesuaikan dengan peraturan yang berada di ILLC tahun 1996.
7. Penggambaran Model Kapal 3 Dimensi
Pada tahap ini dilakukan pembuatan model kapal dengan dasar data yang sudah diperoleh yakni *linesplan* dan *general arrangement*. Pada tahap ini kapal tongkang XXX dibuat menjadi model 3 dimensi menggunakan alat bantu *software maxsurf modeller* dan *autoCAD*.
8. Pengecekan *Lines Plan* Kapal
Model kapal yang sudah dirancang tentunya harus sama dengan kondisi sebenarnya. Untuk memastikan hasil model kapal dari *software maxsurf modeller* sudah sesuai maka harus dilakukan validasi data. Data yang perlu divalidasi yaitu *displacement* dan LCB kapal. Proses validasi ini dilakukan dengan cara membandingkan data *displacement* dan LCB kapal dari model yang dirancang pada *software maxsurf modeller* dengan data yang diperoleh dari tempat OJT. Perbedaan nilai hasil *displacement* dan LCB kapal antara model dengan data lapangan diberikan toleransi atau faktor eror sebesar 0,5 % untuk *displacement* dan 0,1 % Lpp untuk LCB oleh sebab itu hasil perancangan *linesplan* dikatakan valid untuk digunakan sebagai acuan.
9. Perubahan Berat Konstruksi dan Perubahan Berat Muatan
Pada Tahap ini dilakukan perhitungan berat konstruksi dan berat muatan akibat adanya tinggi kapal yang bertambah dari 18 *feet* menjadi 20 *feet* sehingga konstruksi pada kapal juga mengamali perubahan dan harus dicek kembali.
10. Pengecekan Ruang Muat
Pada Tahap ini dilakukan pengecekan Ruang muat dari perhitungan perubahan konstruksi dan berat muatan, apakah keduanya memenuhi untuk perhitungan pengecekan ruang muat pada kapl tongkang dengan tinggi 20 *feet*.
11. Deck Load Kapal
Pada Tahap ini hasil *deck load* dari kapal tongkang dengan tinggi 20 *feet* akan diketahui.
12. Perhitungan Konstruksi dan Kekuatan Konstruksi pada Area Geladak
Pada Tahap ini dilakukan perhitungan konstruksi dan kekuatan konstruksi pada area geladak saja dengan menggunakan perhitungan yang mengacu pada rules BKI saja, tanpa menganalisis kekuatan konstruksi dengan menggunakan *software*. Perhitungan ini dilakukan untuk mengecek apakah konstruksi dan kekuatan konstruksi pada geladak kapal masih memenuhi untuk kapasitas muat yang baru.
13. Perhitungan Berat dan Titik Berat
Pada tahap ini dilakukan perhitungan berat dan titik berat kapal kosong setelah dilakukan perubahan tinggi pada kapal tongkang XXX. Perhitungan berat dan titik berat kapal digunakan untuk mengetahui analisa stabilitas. Perhitungan berat dan titik berat kapal kosong dilakukan dengan menggunakan data data yang telah diperoleh dari tempat OJT.
14. Analisis Stabilitas Kapal
Pada proses analisis stabilitas dilakukan dengan menggunakan *software maxsurf stability*. Semua hasil perhitungan stabilitas didapatkan dari hasil running stabilitas permodelan kapal yang telah dibuat dari *software maxsurf modeller*. Hasil yang didapat disesuaikan dengan acuan standar IMO (*Internasional Maritime Organization*) Code on Intact Stability 2008 MSC.267 (85), PART B, Chapter 2.2. Dalam menganalisa stabilitas dilakukan beberapa kondisi sebagai berikut:
 - Kondisi kapal kosong
 - Kondisi kapal muatan penuh
15. Menarik Kesimpulan dan Saran
Pada tahap ini dilakukan pengambilan kesimpulan dari Analisa perhitungan yang telah dilakukan. Kesimpulan memuat hasil akhir perhitungan lambung timbul (*freeboard*) kapal yang telah mengalami perubahan, hasil akhir perhitungan *deck load* dan kapasitas muat baru, hasil perhitungan konstruksi pada area geladak kapal saja dan analisis stabilitas kapal tongkang XXX yang telah dilakukan pada *software maxsurf stability*

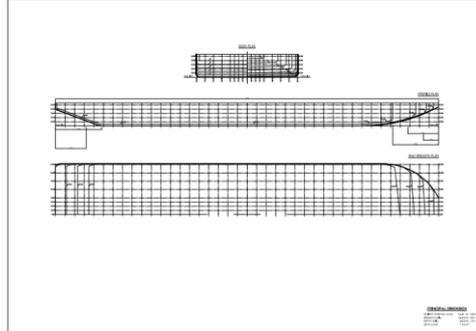
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Utama Kapal

- **Sebelum Modifikasi Kapal**

Sebelum dilakukanya analisis tentunya perlu diketahui data ukuran utama kapal sebelum adanya modifikasi. Berdasarkan data yang diperoleh dari perusahaan ukuran utama kapal tersebut sebagai berikut:

- *Length Over All (LOA)*: 91,44 m (300')
- *Breadth (B)* : 24,4 m (80')
- *Depth (D)* : 5,5 m (18')
- *Deck Load* : 7 Ton/m²
- *Type* : *Barge*

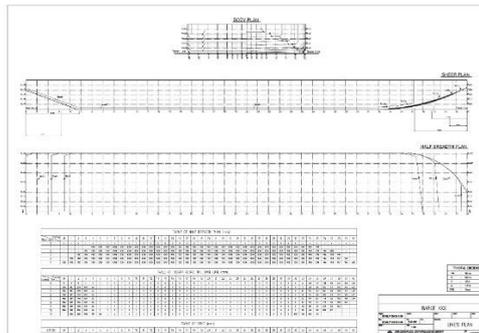


Gambar 1. Gambar *Lines Plan* Kapal Tongkang XXX

- **Sesudah Modifikasi Kapal**

Data kapal yang digunakan dalam proses pengerjaan penelitian ini adalah Kapal Tongkang yang sudah mengalami perubahan tinggi. Perubahan tinggi kapal yang awalnya 18 *feet*, kemudian ditambah 2 *feet* menjadi 20 *feet*. Untuk data ukuran utama kapal adalah sebagai berikut:

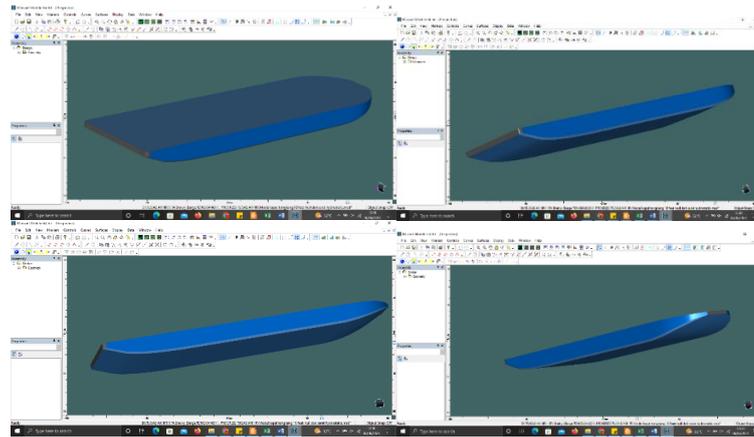
- *Length Over All (LOA)*: 91,44 m (300')
- *Breadth (B)* : 24,4 m (80')
- *Depth (D)* : 6,1 m (20')
- *Deck Load* : 7 Ton/m²
- *Type* : *Barge*



Gambar 2. Gambar *Lines Plan* Tongkag 20 Feet

3.2. Pemodelan Kapal dengan Menggunakan Software Maxsurf

Setelah mendapatkan data ukuran utama pada kapal tongkang XXX dapat dilakukan proses penggambaran model lambung kapal dengan menggunakan bantuan *software Maxsurf Modeler*. Berikut ini merupakan model lambung kapal yang sudah dimodelkan dengan bantuan *software maxsurf modeller* dapat dilihat pada Gambar 3 berikut :



Gambar 3. Pemodelan Lambung Kapal Tongkang XXX

3.3. Validasi Desain Kapal

Setelah melakukan pemodelan kapal, selanjutnya adalah membandingkan model kapal tersebut dengan data kapal yang sebenarnya untuk mendapatkan data yang lebih akurat. Proses validasi perlu dilakukan untuk memastikan bahwa model kapal tersebut dapat merepresentasikan kapal yang sebenarnya. Data yang perlu divalidasi yaitu *displacement* dan LCB kapal. Proses Validasi dilakukan dengan cara membandingkan data *displacement* dan LCB dari model yang dirancang pada *software maxsurf* dengan data stabilitas kapal yang diperoleh dari perusahaan. Perbedaan nilai hasil *displacement* dan LCB kapal antara model dengan data lapangan diberikan toleransi atau faktor eror 0,5 % untuk *displacement* dan 0,1 % untuk LCB. Oleh sebab itu hasil perancangan *linesplan* harus dipastikan valid untuk digunakan sebagai acuan atau input dalam analisis tugas akhir ini. Hasil validasi dapat dilihat pada Tabel 4.1 Berikut:

Tabel 1. Validasi Data

No	Nama Item	Data <i>Maxsurf</i>	Data Perusahaan	Koreksi	Unit	Status
1	<i>Displacement</i>	8682	8700	0,0021 %	Ton	<i>Pass</i>
2	LCB	44,698	44,725	0,0006 %	Meter	<i>Pass</i>

3.4. Perhitungan lambung Timbul Kapal Tongkang

Setelah dilakukan validasi desain kapal. Dilakukanlah perhitungan koreksi freeboard atau lambung timbul kapal. Hal ini dilakukan karena dengan asumsi nilai DWT atau *Dead Wight Ton* yang berubah, maka *displacement* pada kapal akan bertambah dan sarat kapal pun akan bertambah sehingga *freeboard* kapal menjadi lebih kecil. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengecekan *freeboard* kembali untuk memastikan agar *freeboard* atau lambung timbul kapal masih memenuhi dan kapal tetap dapat berlayar. Dalam menghitung koreksi *freeboard*. Dalam hal ini, kapal dibagi menjadi dua jenis yaitu :

1. Kapal Type A

Yakni adalah kapal yang memiliki desain hanya untuk mengangkut muatan cair dalam bentuk curah dan yang mana tangki ruang muat hanya punya akses bukaan yang sangat kecil yang ditutup dengan penutup kedap air yang terbuat dari baja atau material yang sepadan.

2. Kapal Type B

Adalah kapal kapal yang bukan termasuk *type A*. Untuk kapal tongkang ini menggunakan *type B*. untuk melaksanakan perhitungan *freeboard* sesuai dengan adanya peraturan pada ILLC tahun 1966. Sehingga didapatkan rekapan akhir untuk perhitungan lambung timbul pada Kapal Tongkang XXX sebagai berikut :

Data Ukuran Utama Kapal :

LOA	= 91,44 m
B	= 24,4 m
D	= 6,1 m
T	= 4,97 m

- **Perhitungan Total Koreksi *Freeboard***

Freeboard summer

<i>Freeboard table</i>	= 1105 mm
Koreksi <i>Freeboard</i>	
Koreksi untuk block koefisien	= 1264, 83 mm
Koreksi untuk kapal dibawah 100 m	= 22,47 mm
Koreksi untuk tinggi	= 0,00 mm
Pengurangan untuk <i>superstructure</i>	= 0,00 mm
<i>Summer freeboard</i> minimal	= 1287,30 mm
Pengurangan untuk tongkang tak berawak	= - 316,21 mm
<i>Summer freeboard final</i> minimal	= 971 mm
<i>Freeboard fresh water</i>	
<i>Summer freeboard final</i> iminimal	= 971 mm
Koreksi <i>fresh water freeboard</i>	= 105,6 mm
<i>Fresh water freeboard</i>	= 1077 mm
• Resume	
Minimum <i>freeboard</i>	= 1105 mm
<i>Summer freeboard final</i> minimal	= 971 mm
<i>Freeboard</i> aktual (H-T)	= 1130 mm

Jadi kesimpulanya perhitungan *freeboard* ini mematuhi untuk persyaratan yang ada dalam *International Conventioan on Load Lines* 1966.

3.5. Perhitungan Kapasitas Muat dan Deck Load Kapal

Untuk menghitung kapasitas muat kapal tongkang dengan tinggi 20 *feet*, dimulai dengan mencari sarat kapal terlebih dahulu yakni dengan asumsi *freeboard* bernilai tetap sebesar 1,13 m dikarenakan tidak ada perubahan pada panjang kapal :

$$H = T + \text{freeboard}$$

$$T = H - \text{freeboard}$$

$$T = 6,1 \text{ m} - 1,13 \text{ m}$$

$$T = 4,97 \text{ m}$$

Kemudian dilanjutkan dengan menghitung nilai DWT, dengan diketahui *displacement* dari *maxsurf* sebesar 9973 ton, maka :

$$\text{DWT} = \text{Displacement} - \text{LWT}$$

$$\text{DWT} = 9973 \text{ ton} - 1228 \text{ ton}$$

$$\text{DWT} = 8745 \text{ Ton}$$

Jadi untuk kapal tongkang dengan tinggi 20 *feet* memiliki sarat kapal sebesar 4,97 m dan DWT sebesar 8745 Ton. Untuk naiknya kapasitas muat kapal tongkang dari tinggi 18 *feet* dengan tinggi 20 *feet* yakni:

$$\text{Naiknya kapasitas muat} = \text{DWT Baru} - \text{DWT Lama}$$

$$\text{Naiknya kapasitas muat} = 8745 \text{ ton} - 7563 \text{ ton} = 1182 \text{ ton}$$

Maka, untuk naiknya kapasitas muat baru sebesar 1182 ton. Kemudian dilanjutkan dengan menghitung *deck load* kapal yakni :

$$\text{Deck load} = \frac{\text{Kapasitas muat}}{\text{Luas Area}}$$

$$\text{Deck load} = \frac{8745}{1832,01}$$

$$\text{Deck load} = 4,8 \text{ ton/m}^2$$

Maka, dengan tinggi kapal sebesar 6,1 m atau 20 *feet*, memiliki sarat kapal sebesar 4,97 m. Dengan kapasitas muat naik sebesar 1182 ton dari kapasitas sebelumnya. Jadi total DWT sebesar 8745 ton, dengan *deck load* kapal yang terpakai sebesar 4,8 ton/m², nilai tersebut masih dibawah nilai *deck load* yang sudah ditentukan yakni sebesar 7 ton/m². Namun *deck load* dianggap 7 ton/m² karena tidak ada perubahan *deck load* dan konstruksi pada kapal.

3.6. Kekuatan Konstruksi Geladak Kapal Tongkang

1. Deck Plating

Berdasarkan perhitungan sesuai *rules* dari klas. Diketahui tebal *actual* pada profil *frame* 25 adalah 12 mm Sedangkan untuk tebal minimal sebesar 8,99 mm. Sehingga dapat disimpulkan nilai tebal tersebut memiliki hasil *pass* yang berarti memenuhi karena nilai *actual* lebih besar dari minimal tebal.

t_{act} *actual* harus lebih besar dari t_{min} minimal

2. Scantling of Longitudinal and longitudinal beams

Berdasarkan perhitungan sesuai *rules* dari klas, modulus yang di isyaratkan minimal 72,66 cm³. Diketahui modulus *actual* pada profil *frame* 25 adalah 234,7 cm³. Sedangkan untuk area yang di isyaratkan minimal 1,489 cm², diketahui nilai area profil *actual* 20,94 cm². Sehingga dapat disimpulkan

nilai modulus profil tersebut memiliki hasil *pass* yang berarti memenuhi karena nilai *actual* lebih besar dari minimal modulus.

W_{d-act} *actual* harus lebih besar dari W_d minimal

A_{d-act} *actual* harus lebih bedari sari W_d minimal

3. Deck Side Girder

Berdasarkan perhitungan sesuai *rules* dari klas, modulus yang di isyaratkan minimal 247,7 cm³ Diketahui modulus *actual* pada profil *frame 25* adalah 1312 cm³. Sedangkan untuk area yang di isyaratkan minimal 7,125 cm², diketahui nilai area profil *actual* 47,36 cm². Sehingga dapat disimpulkan nilai modulus profil tersebut memiliki hasil *pass* yang berarti memenuhi karena nilai *actual* lebih besar dari minimal modulus.

W_{d-act} *actual* harus lebih besar dari W_d minimal

A_{d-act} *actual* harus lebih bedari sari W_d minimal

4. Transverse side girder

Berdasarkan perhitungan sesuai *rules* dari klas, modulus yang di isyaratkan minimal 832,9 cm³ Diketahui modulus *actual* pada profil *frame 25* adalah 1312 cm³. Sedangkan untuk area yang di isyaratkan minimal 14,37 cm² diketahui nilai area profil *actual* 47,36 cm². Sehingga dapat disimpulkan nilai modulus profil tersebut memiliki hasil *pass* yang berarti memenuhi karena nilai *actual* lebih besar dari minimal modulus.

W_{d-act} *actual* harus lebih besar dari W_d minimal

A_{d-act} *actual* harus lebih bedari sari W_d minimal

3.7 Perhitungan Berat dan Titik Berat

1. Perhitungan Berat dan Titik Berat Kapal Kosong

Tabel 2. Perhitungan Berat dan Titik Berat akibat Perubahan Tinggi Kapal

Item Name	Weight (Ton)	LCG (M)	TCG (M)	VCG (M)	Momen LCG (TON.M)	Momen TCG (TON.M)	Momen VCG (TON.M)
Light Ship	1200	44,650	0,000	2,957	53580	0,000	3548,4
Penambahan Kontruksi	28	40,845	0,000	5,8	1254,665	0,000	162,98
Berat Total Kapal Kosong Setelah Perubahan Tinggi Kapal	1228	44,650	0,000	3,0	54830,2	0,000	3684

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa perubahan berat kapal kosong bertambah sebesar 28 ton dari berat kosong sebelumnya, hal tersebut dikarenakan adanya perubahan pada tinggi kapal yang awalnya 18 *feet* ditambah 2 *feet* menjadi 20 *feet*. Berat kapal kosong yang awalnya sebesar 1200 ton menjadi 1228 ton karena adanya perubahan pada tinggi kapal. Kemudian nilai titik berat secara vertikal (VCG) berubah dari 2,957 meter menjadi 3,0 meter dari baseline dan titik berat secara horizontal (LCG) tetap sama karena tidak ada perubahan untuk panjang kapal hanya perubahan pada tinggi kapal saja maka nilai (LCG) yakni sebesar 44.650 meter dari AP.

2. Perhitungan Berat dan Titik Berat Muatan Kapal

Setelah melakukan perhitungan berat dan titik berat kapal kosong, kemudian dilanjutkan dengan menghitung berat dan titik berat muatan kapal yang diakibatkan perubahan tinggi kapal dari 18 *feet* menjadi 20 *feet*. Untuk melakukan perhitungan berat dan titik berat muatan kapal akibat perubahan tinggi kapal, diperlukan data *displacement* kapal dari model kapal yang sudah dibuat di *maxsurf modeller* yakni sebesar 9973 ton. Untuk menghitung berat muatan dari kapal tongkang dengan tinggi 20 *feet* yakni :

$$DWT = Displacement - LWT$$

$$DWT = 9973 - 1228 \text{ ton} = 8745 \text{ Ton}$$

Tabel 3. Perhitungan Berat dan Titik Berat Muatan akibat Perubahan Tinggi Kapal

Item Name	Weight (TON)	LCG (M)	TCG (M)	VCG (M)
DWT	8745	44.000	0.000	8.000

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa dengan tinggi kapal 20 feet, DWT yang didapatkan sebesar 8745 ton, dengan titik berat secara vertikal (VCG) sebesar 8 meter dari *baseline* dan titik berat secara horizontal (LCG) sebesar 44.000 dari AP.

3.7 Analisis Stabilitas Kapal

Melakukan analisa stabilitas ini dengan menggunakan software maxsurf stability. Adapun diawali dengan menentukan kondisi pembebanan yang telah dipersiapkan sesuai dengan perhitungan stabilitas sebelum dan setelah dilakukan perubahan pada tinggi kapal yaitu dengan menggunakan acuan *International Maritime Organization* (IMO). Dalam Tugas Akhir ini, analisis stabilitas menggunakan bantuan *software maxsurf stability* yang mengacu pada regulasi *IMO MSC. 267(85) Part B 2.2 Pontoons*. Untuk analisis stabilitas ini dilakukan pada 2 kondisi, yaitu pada kondisi muatan kosong dan pada kondisi muatan penuh.

- Kondisi Muatan Kosong

Pada kondisi ini kapal dalam keadaan muatan kosong dengan *input data lightship* dan DWT kosong. Dilanjutkan dengan menganalisa stabilitas sebelum dan setelah modifikasi kapal menghasilkan analisa sebagai berikut:

Tabel 4. *Criteria Result* Kondisi Muatan Kosong Sebelum Modifikasi

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
2.2 Pontoons	2.2.4.1 GZ area: to Max GZ	0,0800	m.deg	1,2339	Pass	+1442,31
2.2 Pontoons	2.2.4.2 Angle of equilibrium ratio	50,00	%	0,43	Pass	+99,14
2.2 Pontoons	2.2.4.3 Angle of vanishing stability <=100m in length	20,0	deg	75,1	Pass	+275,29

Tabel 5. *Criteria Result* Kondisi Muatan Kosong Setelah Modifikasi

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
2.2 Pontoons	2.2.4.1 GZ area: to Max GZ	4,5837	m.deg	82,3980	Pass	+1697,63
2.2 Pontoons	2.2.4.2 Angle of equilibrium ratio	50,00	%	0,08	Pass	+99,84
2.2 Pontoons	2.2.4.3 Angle of vanishing stability <=100m in length	20,0	deg	90,0	Pass	+350,00

- Kondisi Muatan Penuh

Pada kondisi ini kapal dalam keadaan muatan penuh dengan *input data lightship* dan DWT sebesar 8745 ton. Untuk tangki selalu 0% karena pada *barge* merupakan tangki *void* (kosong). Dilanjutkan dengan menganalisa stabilitas sebelum dan setelah modifikasi kapal menghasilkan analisa sebagai berikut:

Tabel 6. Criteria Result Kondisi Muatan Pemuh Sebelum Modifikasi

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
2.2 Pontoons	2.2.4.1 GZ area: to Max GZ	0,0800	m.deg	0,1228	Pass	+53,47
2.2 Pontoons	2.2.4.2 Angle of equilibrium ratio	50,00	%	2,47	Pass	+95,06
2.2 Pontoons	2.2.4.3 Angle of vanishing stability <=100m in length	20,0	deg	28,9	Pass	+44,31

Tabel 7. Criteria Result Kondisi Muatan Penuh Setelah Modifikasi

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
2.2 Pontoons	2.2.4.1 GZ area: to Max GZ	4,5837	m.deg	6,5339	Pass	+42,55
2.2 Pontoons	2.2.4.2 Angle of equilibrium ratio	50,00	%	0,40	Pass	+99,20
2.2 Pontoons	2.2.4.3 Angle of vanishing stability <=100m in length	20,0	deg	30,0	Pass	+50,15

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan perhitungan analisis kapasitas muat akibat perubahan tinggi tongkang 300 *feet* pada kapal XXX. Dan perhitungan stabilitas kapal dengan bantuan simulasi stabilitas kapal dengan menggunakan *software maxsurf modeller* dan *maxsurf stability* berdasarkan kriteria IS Code 2008 oleh *IMO Resolution MSC.267 (86) part B 2.2 Pontoons*. Dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan perhitungan kapasitas muat dan *deck load* kapal sebelum dan sesudah adanya perubahan tinggi kapal, didapatkan data sebagai berikut :

Sebelum adanya perubahan tinggi kapal

LOA (*Length Over All*) : 91,44 m (300')
 B (*Breadth*) : 24,4 m (80')
 H (*Depth*) : 5,5 m (18')
 T (*Draught*) : 4,37 m
 DWT (*Deadweight Tonnage*) : 7563 ton
 LWT (*Lightweight Tonnage*) : 1200 ton
 Deck Load : 7 ton/m²

Sesudah adanya perubahan tinggi kapal

LOA (*Length Over All*) : 91,44 m (300')
 B (*Breadth*) : 24,4 m (80')
 H (*Depth*) : 6,1 m (20')
 T (*Draught*) : 4,97 m
 DWT (*Deadweight Tonnage*) : 8745 ton
 LWT (*Lightweight Tonnage*) : 1228 ton
 Deck Load : 7 ton/m²

Dapat dilihat dari data diatas untuk kapasitas muat (DWT) maksimal kapal akibat perubahan tinggi kapal dari 18 *feet* menjadi 20 *feet* sebesar 8745 ton dan dipatkan volume batubara sebesar 12243 m³.

2. Setelah dilakukan perhitungan *deck load* kapal akibat perubahan tinggi kapal dari 18 *feet* menjadi 20 *feet*, maka didapatkan nilai *deck load* tetap yakni sebesar 7 ton/m², untuk kapasitas muat sebesar 8745 ton.
3. Setelah dilakukan perhitungan kekuatan konstruksi geladak akibat perubahan tinggi kapal dari 18 *feet* menjadi 20 *feet*, maka kekuatan konstruksi geladak masih memenuhi untuk penambahan muatan pada kapal tongkang XXX.

4. Setelah dilakukan analisis stabilitas akibat perubahan pada tinggi kapal yang awalnya 18 *feet* menjadi 20 *feet* sesuai *criteria* dari *rules IMO Resolution MSC>267 (85) part B 2.2 Pontoons*. Maka pada saat kondisi 1 didapatkan nilai GM = 8,078 meter. Pada saat kondisi 2 didapatkan nilai GM = 0,883 meter. Dari hasil uji stabilitas pada kapal disemua kondisi berstatus *pass*, maka dapat dinyatakan memenuhi kriteria IMO.

3. Saran

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini terdapat kelebihan serta kekurangan yang dapat dikembangkan lebih lanjut dalam penelitian – penelitian yang baru. Untuk pengembangan tugas akhir selanjutnya, penulis memberikan saran sebagai berikut :

1. Pada penelitian berikutnya perlu adanya kajian mengenai dampak runtuh atau longsor muatan akibat tinggi muatan.
 2. Pada penelitian berikutnya perlu adanya kajian mengenai konstruksi kapal yang membahas secara detail.
 3. Pada penelitian berikutnya perlu adanya kajian mengenai analisis kekuatan konstruksi kapal.
- Pada penelitian berikutnya perlu adanya kajian tentang segi ekonomis sebelum dilakukan perubahan pada tinggi kapal untuk menghasilkan pendapatan yang lebih maksimal.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Barras, B. a. (2006). *Ship Stability For Masters And Mateschenai*. USA.
- [2] Budianto. (2016). Basic Design Kapal Pengangkut Batubara 200 Ton Sebagai Jalur Alternatif Rute Sungai Lematang. *KAPAL, Vol. 13, No 2* .
- [3] Budianto, T. K. (2018). Perancangan Kapal Keroncong Orchestra sebagai Wahana Wisata Air Surabaya Tempo Doeloe. *Seminar Master*, 63.
- [4] Budianto, T. K. (2019). Kajian Desain Kapal Perintis Dengan Kondisi Wilayah Operasi Perairan Dangkal. *Seminar Master*.
- [5] Djaya, I., & Sofi'i, M. (2008). *Teknik Konstruksi Kapal Baja*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- [6] DR. Pasyimi, S. M. (2008). *BATUBARA*. Jakarta: Bung Hatta University .
- [7] Indonesia, K. P. (2015). *Bangunan dan Stabilitas Kapal Perikanan 1*. Jakarta.
- [8] Kemenhub. (2016). *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia*. Jakarta.
- [9] Load, L. (1966). *International Load Line Convention 1966*. as amended by the protocol 1988.
- [10] Saputra, H. (2012). *Analisa Stabilitas dan Kekuatan Transversal Kapal Penumpang 94 Pax Penyebrangan Muara Angke ke Pulau Tidung*. Depok: Univesitas Indonesia.
- [11] Septiana Wibowo, I. S. (2010). Studi Modifikasi Penambahan Panjang Kapal KM. Amelia Wasakan Untuk Optimalisasi Speed Power Dengan Simulasi Hullspeed. 2.
- [12] Utomo, B. (2010). Pengaruh Ukuran Utama Kapal Terhadap Displacement. *Teknik Vol 31*, 84-89.
- [13] Rubiantoro, F. (1966). *Hidrodinamika dan Stabilitas Kapal*. Bandung : Rafika Aditama.