

# ANALISA KEKUATAN KONSTRUKSI KAPAL *TUGBOAT* ARI 400 HP DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

Nofia Maranata<sup>1</sup>, Imam Pujo Mulyatno<sup>1</sup>, Wilma Amiruddin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Email : [nofia.ldp5@gmail.com](mailto:nofia.ldp5@gmail.com)

## Abstrak

Kapal *TugBoat* Ari adalah tipe kapal tunda yang beroperasi pada wilayah perairan sungai di pulau Kalimantan. Kapal *Tugboat* ini digunakan untuk menarik serta mendorong kapal tongkang pengangkut batubara dari wilayah penambangan di pedalaman pulau Kalimantan menuju laut melalui jalur sungai. Beberapa beban tarik dan beban tekan mengakibatkan terjadinya distribusi tegangan terjadi pada bagian haluan kapal dan daerah sekitar *towing bolder* akibat gerakan menarik dan mendorong yang dilakukan kapal *Tugboat*. Pada daerah yang mengalami tegangan tersebut dilakukan analisa *local stress* dengan bantuan program numerik *finite element method (FEM)*. Analisa yang digunakan adalah analisa beban statis yang berasal dari gaya dorong dan gaya tarik kapal *Tugboat*. Analisa tersebut bertujuan untuk mengetahui karakteristik tegangan dan nilai tegangan terbesar dari konstruksi kapal *Tugboat* serta mengetahui letak titik kritis pada kapal *Tugboat*, berdasarkan dua variasi kondisi pembebanan kapal *Tugboat* yaitu *light weight barge* dan *dead weight barge*. Hasil analisa dan perhitungan yang dilakukan pada kapal *Tugboat* dengan variasi pembebanan *light weight barge*, *dead weight barge* didapatkan nilai tegangan tertinggi ketika kapal *Tugboat* melakukan gerakan mendorong dengan pembebanan *light weight barge* sebesar  $42,6 \text{ N/mm}^2$ , untuk pembebanan *dead weight barge* sebesar  $147 \text{ N/mm}^2$ . Nilai tegangan tertinggi ketika kapal *Tugboat* melakukan gerakan menarik dengan pembebanan *light weight barge* sebesar  $79,1 \text{ N/mm}^2$ , untuk pembebanan *dead weight barge* sebesar  $191 \text{ N/mm}^2$ . Dari hasil nilai tegangan yang didapatkan, disimpulkan bahwa semua nilai tegangan yang terjadi pada kapal *Tugboat* masih memenuhi *safety factor*, baik *safety factor* menurut kriteria bahan maupun *safety factor* standart BKI.

**Kata kunci :** *Tugboat*, *light weight barge*, *dead weight barge*, Metode elemen hingga

## Abstract

*Ari is a type of tugboat operations in the territorial waters of the river on the island of Borneo. Ships Tugboat is used to pull and push barges carrying coal from mining areas in the interior of Borneo island towards the ocean through the river. Some tensile load and compressive load resulted in stress distribution occurs on the bow of the ship and the surrounding area as a result of towing bolder push and pull motion carried aboard Tugboat. In areas experiencing the stress of local stress analysis with the help of numerical finite element method (FEM). The analysis used is the static load analysis derived from the thrust and gravity aboard Tugboat. The analysis aims to determine the characteristics of the voltage and the voltage value of the ship construction Tugboat largest and locate the critical point at Tugboat vessels, based on two variations of loading conditions, ie light weight boat barge Tugboat and barge dead weight. The results of the analysis and calculations performed on the ship loading variations Tugboat with barge light weight, dead weight barge highest voltage value obtained when the vessel Tugboat pushing movement with light weight barge load of  $42,6 \text{ N/mm}^2$ , for barge loading dead weight of  $147 \text{ N/mm}^2$ . The highest voltage value when the ship Tugboat interesting movement with light weight barge loading of  $79,1 \text{ N/mm}^2$ , for barge loading dead weight of  $191 \text{ N/mm}^2$ . From the results obtained voltage value, it was concluded that all the voltage values that occur in the vessel still meets safety factor Tugboat, good safety factor according to the criteria of the material and the safety factor standard BKI.*

**Keywords:** *Tugboat*, *light weight barge*, *dead weight barge*, *Finite Element Method*

## 1. PENDAHULUAN

Kapal *TugBoat* Ari adalah tipe kapal tunda yang beroperasi pada wilayah perairan sungai di pulau Kalimantan. Kapal ini digunakan untuk

menarik maupun mendorong kapal tongkang pengangkut batubara dari wilayah penambangan di pedalaman Kalimantan menuju laut melalui jalur sungai.

Dalam pelayarannya mengharuskan kondisi kapal dalam keadaan aman, baik dalam hal konstruksi maupun instalasi lainnya, sebab dalam perencanaan sebuah konstruksi kapal, pada dasarnya adalah merencanakan konstruksi yang mempunyai tingkat tegangan pada batas yang diijinkan dan bisa diterima oleh konstruksi tersebut. [1]

Beberapa beban tarik dan beban tekan mengakibatkan terjadinya distribusi tegangan terjadi pada bagian haluan kapal dan daerah sekitar *towing bolder* akibat gerakan menarik dan mendorong yang dilakukan kapal, yang dapat menimbulkan banyak masalah seperti deformasi, keretakan, kerusakan, patah dll.

Maka secara garis besar perencanaan konstruksi kapal *TugBoat* ini adalah membuat suatu konstruksi yang mempunyai tingkat tegangan pada batas yang diijinkan yang diterima oleh konstruksi tersebut. Perencanaan konstruksi kapal *TugBoat* harus dapat menjamin suatu struktur dapat menerima beban dan tegangan yang diijinkan dan bisa diterima oleh konstruksi tersebut. Perencanaan konstruksi kapal harus dapat menjamin suatu struktur tingkat tegangannya tidak pernah lebih, yang akan menjaga struktur di bawah daerah *elastic* ini adalah persyaratan kekuatan.

Konstruksi kapal *TugBoat* harus dirancang menghindari *elastic deformation* yang berlebihan yang dapat mengakibatkan perubahan bentuk geometri akibat dari beban yang diterima. Bagian – bagian tersebut haruslah diukur dengan tepat untuk mendapatkan gaya - gaya yang sesungguhnya atau yang dibebankan kepadanya.

Dengan memperhatikan pada latar belakang maka diambil beberapa rumusan masalah pada Tugas Akhir ini sebagai berikut

1. Berapa nilai karakteristik tegangan yang terjadi pada system konstruksi kapal *TugBoat* ARI?
2. Berapa nilai tegangan maksimum yang terjadi pada system konstruksi kapal *TugBoat* ARI?
3. Letak komponen konstruksi pada kapal *TugBoat* ARI yang paling kritis terhadap pembebanan maksimum?

Batasan masalah yang digunakan sebagai arahan serta acuan dalam penulisan tugas akhir ini agar sesuai dengan permasalahan serta tujuan yang di harapkan. Batasan permasalahan yang di bahas dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Asumsi perhitungan menggunakan analisa linier statis.
2. Analisa dilakukan pada bagian haluan dan daerah sekitar *towing bolder*.

3. Tidak menganalisa ban pada *pushertug*.
4. Hasil analisa yang dilakukan berupa besarnya tegangan yang terjadi pada konstruksi kapal.
5. Dianalisa berdasarkan *local stress*, tidak dilakukan analisa beban dari *sagging* dan *hagging* kapal.

Sesuai dengan latar belakang dan permasalahan yang telah dibahas maka penelitian ini mempunyai beberapa tujuan. Adapun tujuan penelitian ini adalah :

- 1 Mendapatkan data karakteristik tegangan yang terjadi pada system konstruksi pada kapal *TugBoat* ARI.
- 2 Mendapatkan data tegangan maksimum yang terjadi pada system konstruksi pada kapal *TugBoat* ARI.
- 3 Mendapatkan datamengenai letak komponen – komponen yang paling kritis dan perlu mendapatkan perhatian lebih pada system konstruksi pada kapal *TugBoat* ARI.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kapal tugboat

*TugBoat* adalah Kapal yang fungsinya menarik atau mendorong kapal-kapal lainnya. Dibedakan atas beberapa jenis antara lain kapal tunda samudra, kapal tunda pelabuhan dan lain-lain [2]. Selain itu *TugBoat* adalah jenis kapal pemandu yang biasa digunakan untuk menarik dan mendorong kapal besar di pelabuhan, memandu kapal besar pada jalur yang berbahaya, memperbaiki kapal dilaut, melakukan penyelamatan pada air seperti memadamkan api dan *salvage*. Medan yang dilalui *TugBoat* biasanya cukup menyulitkan seperti sungai kecil yang berliku dan laut dangkal berkarang hingga laut luas antar pulau besar, sehingga *TugBoat* harus melakukan manuver yang baik [3]. Berdasarkan tempat dan kinerja *TugBoat*, terdapat 3 jenis *TugBoat*:

#### 1. *Seagoing Tug*

Fungsi dan peran dari *Tugboat* untuk pelayaran bebas yaitu menarik atau mendorong kapal yang tidak memiliki alat penggerak sendiri

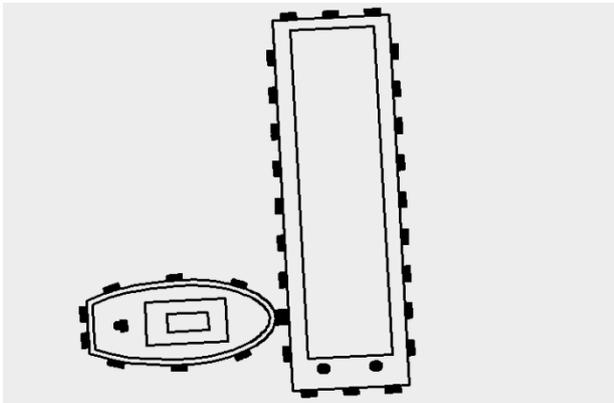
#### 2. *Escort Tug*

Kapal *TugBoat* ini digunakan untuk mengawal kapal besar disepanjang bagian berbahaya

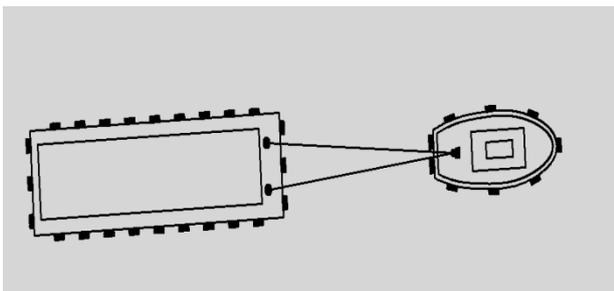
### 3. Harbour Tugs

Harbour Tugs digunakan di pelabuhan, perairan dalam dan daerah pesisir. [4]

Visualisasi operasional kapal tugboat dan kapal tongkang.



Gambar 1. Visualisasi kapal *Tugboat* mendorong kapal tongkang



Gambar 2. Visualisasi kapal *Tugboat* menarik kapal tongkang

### 2.2 Perhitungan Beban Tunda

Pada perhitungan beban tunda ini di asumsikan dengan beban tongkang (*barge*) yang ditarik dan didorong oleh *tugboat*. Diberikan nilai rata-rata, tinggi, dan rendah pada tongkang yang ditarik maupun didorong, dalam *dead weight tons* (DWT). Batas rata-rata sesungguhnya mewakili pada kapasitas rata-rata dalam kondisi biasa. Batas tertinggi DWT mewakili DWT *maximum* yang biasanya dapat ditarik dengan BHP dalam kondisi dekat pantai yang wajar (*fair inshore conditions*).

Rumus beban tunda untuk DWT *barge* vs BHP

•Rumus untuk DWT rendah

$$\text{Low DWT} = (1.32 \times \text{BHP}) - 255.25$$

•Rumus untuk DWT rata-rata

$$\text{Average DWT} = (3.43 \times \text{BHP}) - 599.18$$

•Rumus untuk DWT tinggi

$$\text{High DWT} = (5.57 \times \text{BHP}) - 943.10$$

Dimana :

DWT = *Deadweight tons* pada tongkang(*barge*) yang ditarik.

BHP = *Maximum Brake Horse Power* pada.

(Sumber : *Propeller Handbook* Dave Geer). [5]

### 2.3 Safety Factor

*Safety factor* adalah faktor yang menunjukkan tingkat kemampuan suatu bahan teknik menerima beban dari luar, yaitu beban tekan maupun tarik. Gaya yang diperlukan agar terjadi tingkat optimal bahan di dalam menahan beban dari luar sampai akhirnya menjadi pecah disebut dengan beban *ultimate* (*ultimate load*). Dengan membagi beban *ultimate* ini dengan luas penampang, kita akan memperoleh kekuatan *ultimate* (*ultimate strength*) atau tegangan *ultimate* (*ultimate stress*) dari suatu bahan. Untuk disain bagian-bagian struktur tingkat tegangan disebut tegangan ijin (*allowable stress*) dibuat benar-benar lebih rendah dari pada kekuatan *ultimate* yang diperoleh dari pengujian "statis". Hal ini penting untuk berbagai pertimbangan. Besar gaya yang dapat bekerja pada bangunan yang dirancang jarang diketahui secara pasti. Karena tegangan dikalikan luas sama dengan gaya, maka tegangan ijin dari *ultimate* dapat diubah dalam bentuk gaya atau beban yang diijinkan dan *ultimate* yang dapat ditahan oleh sebuah batang. Suatu perbandingan (*ratio*) yang penting dapat ditulis :

$$FS = \frac{\sigma_{\text{ultimate}}}{\sigma_{\text{ijin}}} \quad [6]$$

### 2.4 Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga adalah suatu metode numerik yang cocok di gunakan dengan komputer digital, dengan metode ini suatu elastic kontinum dibagi-bagi (*discretized*) menjadi beberapa substruktur (elemen) yang kemudian dengan menggunakan matriks, defleksi dari tiap titik (*node*) akan dihubungkan dengan pembebanan, properti material, *property geometric* dan lain-lain. Metode elemen hingga telah digunakan secara luas untuk menyelesaikan berbagai persoalan mekanika dengan geometri yang kompleks. Beberapa hal yang membuat metode ini favorit

adalah karena secara komputasi sangat efisien, memberikan solusi yang cukup akurat terhadap permasalahan yang kompleks dan untuk beberapa permasalahan metode ini mungkin adalah satu – satunya cara, tetapi karena analisa elemen hingga merupakan alat untuk simulasi maka desain yang sebenarnya di idealisasikan dengan kualitas model desain. [7]

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

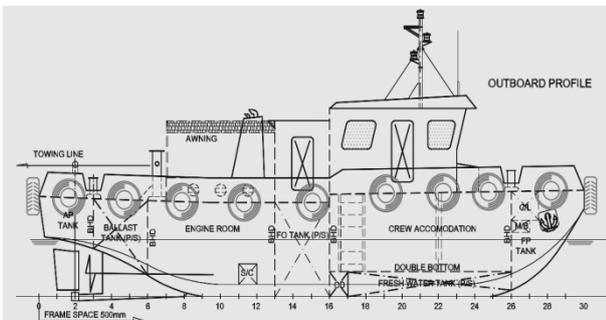
#### 3.1 Penelitian

Mencakup materi penelitian yang didalamnya terdapat data-data primer yang digunakan. Data primer yang dimaksud adalah:

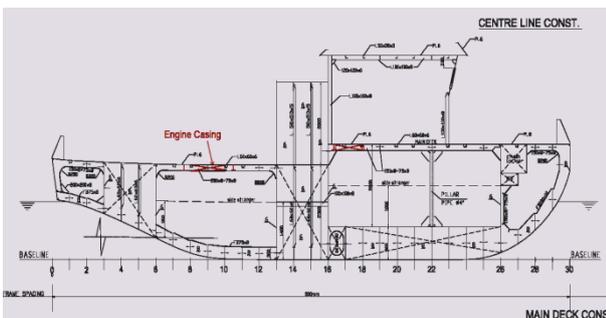
1. Ukuran utama kapal dan jenis kapal:

Name	= TUGBOAT ARI
Type	= Tugboat
Class	= BKI
Length Over All	= 15,00 m
Breadth Moulded	= 4,80 m
Depth Moulded	= 2,30 m
Draf	= 1,40 m
Cb	= 0,53
Displacement	= 50,64 Ton
Kecepatan	= 10 Knot
Main Engine	= 400 HP

2. Gambar kapal



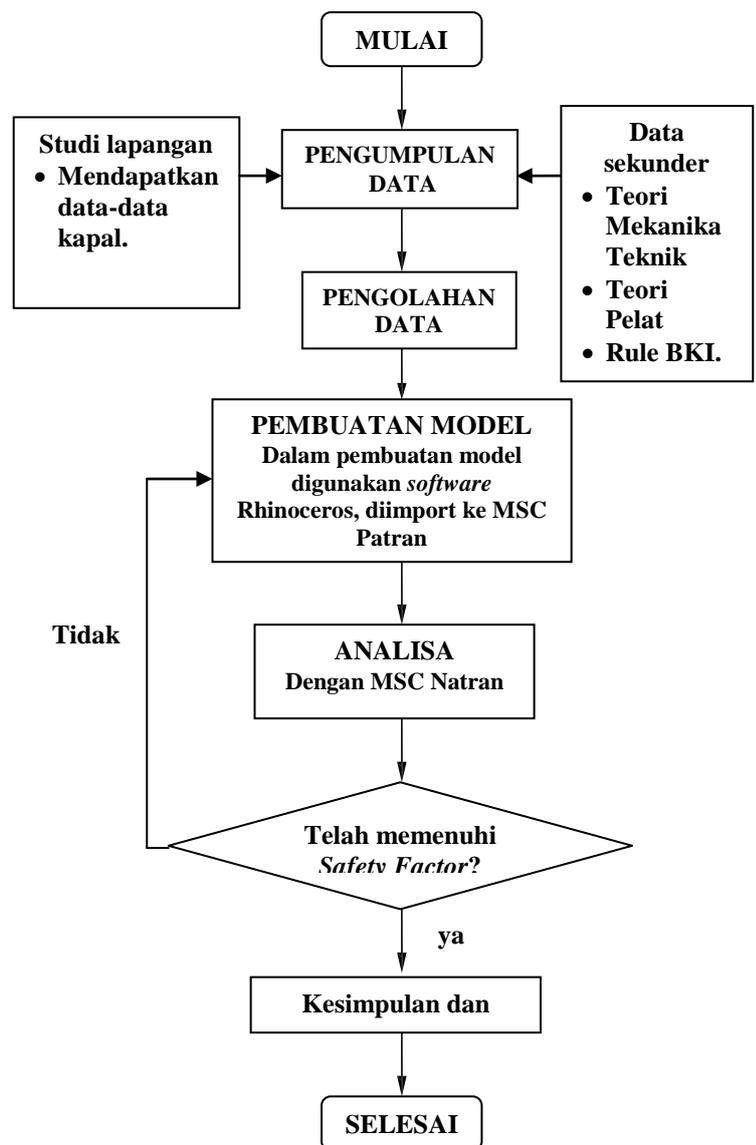
Gambar 3. Rencana Umum



Gambar 4. Profil

#### 3.2 Flow Chart Metodologi Penelitian

Penyusunan penelitian Tugas Akhir ini didasarkan pada sistematika metodologi yang diuraikan berdasarkan urutan diagram alir atau *flow chart* yang dilakukan mulai penelitian hingga selesainya penelitian. Penelitian ini dimulai dengan tahap pengumpulan data – data penunjang untuk penelitian Tugas Akhir yang kemudian dilanjutkan dengan pengolahan data dan dilanjutkan ke tahap analisa yaitu didapatkan *output* yang sesuai dengan tujuan awal penelitian, sehingga diperoleh kesimpulan akhir.



Gambar 5. Diagram alir penelitian

## 4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Data Kapal

Ship Name : TB. ARI

Ship Type : Tugboat

Build In : PT. Gamatara Transocean Shipyard

Class : Biro Klasifikasi Indonesia

Main Dimension :

Length Over All	= 15,00 m
Breadth Moulded	= 4,80 m
Depth Moulded	= 2,30 m
Draf	= 1,40 m
Cb	= 0,53
Displacement	= 50,64 Ton
Kecepatan	= 10 Knot
Main Engine	= 400 HP



Gambar 6. Kapal Tugboat Ari

### 4.2 Perhitungan Beban Tunda

Pada perhitungan beban tunda ini di asumsikan dengan beban tongkang (*barge*) yang ditarik dan didorong oleh *tugboat*. Berat DWT kapal tongkang dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

•Rumus untuk DWT rendah

$$\begin{aligned} \text{Low DWT} &= (1.32 \times \text{BHP}) - 255.25 & (1) \\ &= (1,32 \times 400) - 255.25 \\ &= 272.25 \text{ ton} \end{aligned}$$

•Rumus untuk DWT rata – rata

$$\begin{aligned} \text{Average DWT} &= (3.43 \times \text{BHP}) - 599.18 & (2) \\ &= (3,43 \times 400) - 599.18 \\ &= 772.82 \text{ ton} \end{aligned}$$

•Rumus untuk DWT tinggi

$$\begin{aligned} \text{High DWT} &= (5.57 \times \text{BHP}) - 943.10 & (3) \\ &= (5,57 \times 400) - 943.10 \\ &= 1284,90 \text{ ton} \end{aligned}$$

Tabel.1 Perhitungan Beban Tunda.

DWT Tongkang	Hasil (ton)
Low DWT	272,25
Average DWT	772,82
High DWT	1284,90

Dari hasil perhitungan beban, besarnya DWT kapal tongkang yang akan ditarik maupun didorong tunda kapal *Tugboat* yang digunakan dalam analisa ini adalah nilai beban tunda *high DWT*.

### 4.3 Asumsi Pembebanan

Dalam pembebanan pada analisa kekuatan konstruksi kapal *Tugboat* Ari ini diasumsikan kapal *Tugboat* mengalami dua variasi pembebanan yaitu *light weight barge* dan *dead weight barge*.

### 4.3 Analisa Kekuatan

Analisa yang dilakukan pada penelitian ini didasarkan fungsi dari kapal *Tugboat* yaitu melakukan gerakan menarik dan mendorong kapal. Gerakan menarik oleh *Tugboat* digambarkan bahwa, kapal tongkang yang sebelumnya sudah diikat dengan tali penarik (*tow line*), kemudian tali penarik (*tow line*) ini juga diikatkan pada *towing bolder* pada kapal *tugboat*. Setelah pengikatan *tow line* sudah siap, maka secara perlahan kapal tongkang ditarik menggunakan kapal *Tugboat* menuju daerah yang diinginkan. Gerakan mendorong yang dilakukan oleh kapal *Tugboat*, digambarkan kapal tongkang yang sedang berisi muatan atau dalam muatan kosong didorong oleh kapal *Tugboat* dengan menggunakan *pusher tug* pada bagian haluan secara lurus dan sejajar dengan posisi *Tugboat*, secara perlahan kapal tongkang di dorong oleh kapal *Tugboat* menuju posisi atau daerah yang diinginkan.

Tahap ini dilakukan untuk menghitung nilai stress tertinggi pada material sekaligus untuk mengetahui letak titik kritis pada saat variasi pembebanan dilakukan.

Dengan dasar rumus:

$$\text{Gaya} = \text{Massa} \times \text{Percepatan}$$

$$\boxed{F = m \times a} \quad (4)$$

Dengan satuan Gaya (Newton (N) / KiloNewton (kN))

MSC Patran digunakan penulis untuk membantu perhitungan nilai tegangan agar lebih mudah, langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Proses Pendefinisian *Element Type*

*Element type* pada model dapat didefinisikan sesuai yang diinginkan dengan menentukan jenis

*element* yang akan dipakai dan sesuai dengan model yang sebenarnya.

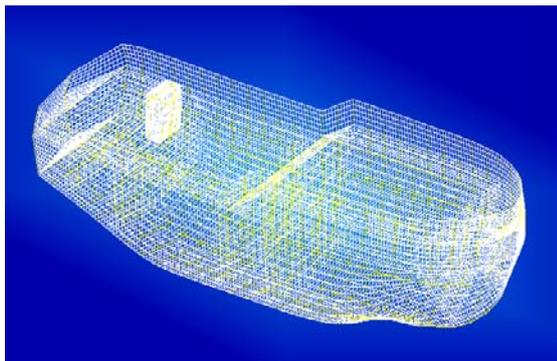
2. Penentuan *Material Model* Dan *Material Properties*

*Material model* dan *Material Properties* dapat didefinisikan sesuai yang diinginkan dengan menentukan *modulus elastisitas* dan *poissons ratio* dari model yang diinginkan. Untuk jenis material yang digunakan dalam model ini adalah baja standar. Dimana kriteria bahan baja tersebut adalah

- *Modulus Elasticity* = 2.06 E+05 Mpa
- *Shear Modulus* = 79230.76
- *Poisson's Ratio* = 0.30000001
- *Density* = 7.8499E+03

3. Proses *Meshing*

Proses *meshing* adalah proses dimana model dibuat menjadi kumpulan nodal elemen hingga dengan ukuran yang lebih kecil dan saling terhubung. Dengan parameter semakin kecil *SIZE* maka *meshing* akan semakin detail, semakin besar *SIZE* maka *meshing* akan semakin kurang detail.



Gambar 5. *Meshing*

4. Penentuan Kondisi Batas (*Boundary Condition*)

Kondisi batas untuk diterapkan ke ujung model kapal menjadi sesuai dengan aplikasi unit lentur vertikal dan horisontal saat di model ujung. Semua kondisi batas yang diuraikan dalam bagian ini sesuai dengan global sistem koordinat. Analisis mungkin dilakukan dengan menerapkan semua beban untuk model sebagai kasus beban lengkap atau menggabungkan respon *stress* yang dihasilkan dari beberapa sub-kasus terpisah.

5. Penentuan gaya yang diberikan didasarkan pada perhitungan pembebanan .

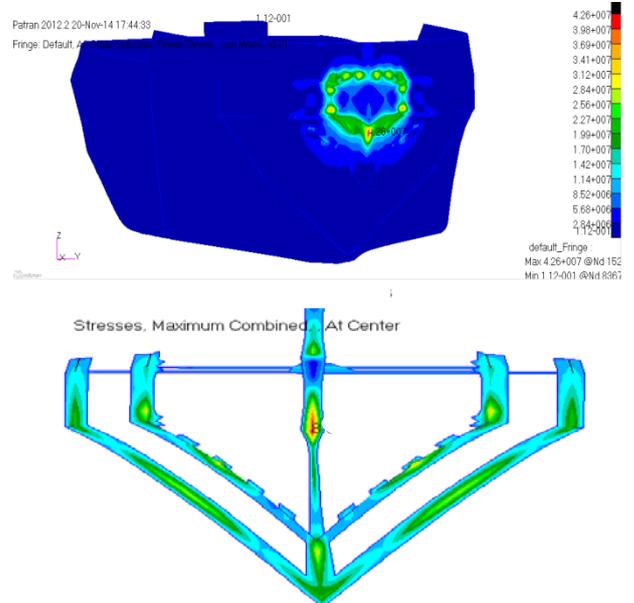
6. *General Postprocessing*,

Dalam tahap *postprocessing* akan dapat diketahui hasil dari *running* perhitungan *software*. Nantinya didapatkan hasil *stress* tertinggi.

4.4 Hasil Analisa

1. Gerakan Mendorong

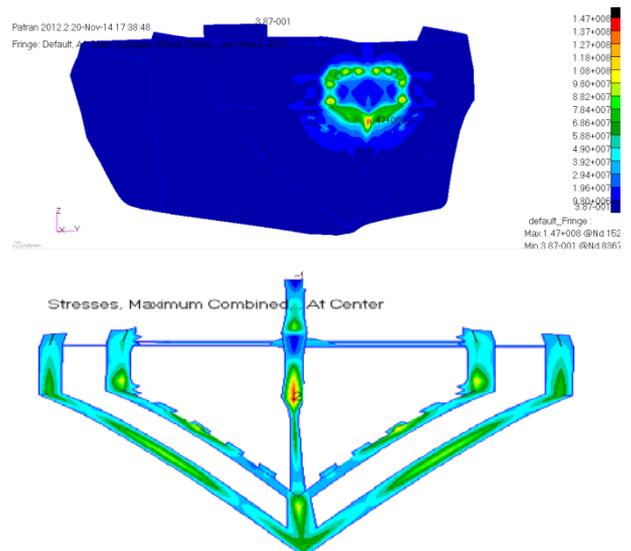
a. *Light Weight Barge*



Gambar 7. Kondisi Kapal *Tugboat* ketika menerima beban *Light Weight Barge*

Pada Analisa yang dilakukan dengan pembebanan *Light Weight Barge* terhadap kapal *Tugboat* ketika melakukan gerakan mendorong, didapatkan hasil *max stress* yaitu 42,6 N/mm<sup>2</sup> yang terjadi pada *node* 152.

b. *Dead Weight Barge*

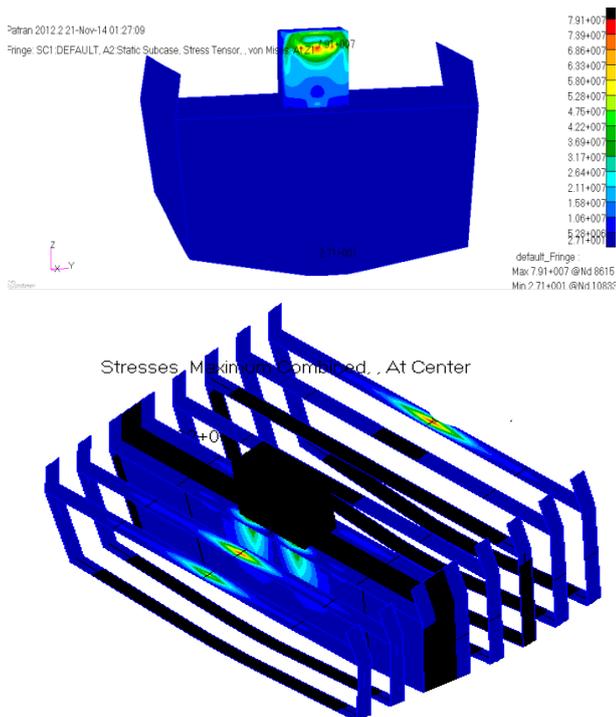


Gambar 8. Kondisi Kapal *Tugboat* ketika menerima beban *Dead Weight Barge*

Pada Analisa yang dilakukan dengan pembebanan *Dead Weight Barge* terhadap kapal *Tugboat* ketika melakukan gerakan mendorong, didapatkan hasil *max stress* yaitu  $147 \text{ N/mm}^2$  yang terjadi pada *node 152*.

## 2. Gerakan Menarik

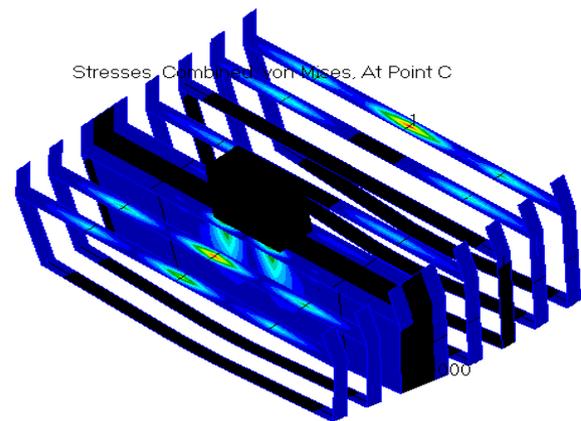
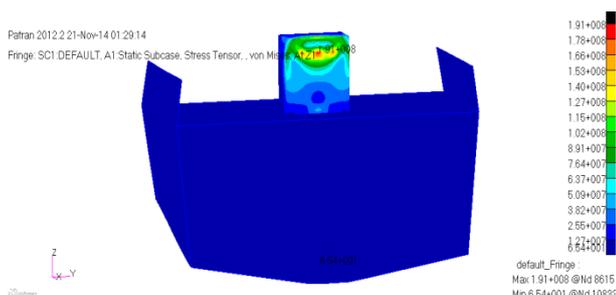
### a. Light Weight Barge



Gambar 9. Kondisi Kapal *Tugboat* ketika menerima beban *Light Weight Barge*

Pada Analisa yang dilakukan dengan pembebanan *Light Weight Barge* terhadap kapal *Tugboat* ketika melakukan gerakan menarik, didapatkan hasil *max stress* yaitu  $79,1 \text{ N/mm}^2$  yang terjadi pada *node 8615*.

### b. Dead Weight Barge



Gambar 10. Kondisi Kapal *Tugboat* ketika menerima beban *Dead Weight Barge*

Pada Analisa yang dilakukan dengan pembebanan *Dead Weight Barge* terhadap kapal *Tugboat* ketika melakukan gerakan menarik, didapatkan hasil *max stress* yaitu  $191 \text{ N/mm}^2$  yang terjadi pada *node 8615*.

Berikut ini tabel perhitungan *Safety Factor* menurut kriteria bahan dan standart BKI yang dihasilkan dari gerakan menarik dan mendorong kapal yang dilakukan oleh kapal *Tugboat* ARI.

Tabel.2 Hasil perhitungan *Safety Factor* Gerakan Mendorong menurut kriteria bahan

Kondisi Pembebanan	Node	Max Stress	Teg. Ultimate	Safety Factor	Ket
<i>Light Weight Barge</i>	152	42,6 N/mm <sup>2</sup>	400 N/mm <sup>2</sup>	9,39	Memenuhi
<i>Dead Weight Barge</i>	152	147 N/mm <sup>2</sup>	400 N/mm <sup>2</sup>	2,72	Memenuhi

Tabel.3 Hasil perhitungan *Safety factor* Gerakan Mendorong menurut standart BKI

Kondisi Pembebanan	Node	Max Stress	Teg. Ultimate	Safety Factor	Ket
<i>Light Weight Barge</i>	152	42,6 N/mm <sup>2</sup>	169,2 N/mm <sup>2</sup>	3,97	Memenuhi
<i>Dead Weight Barge</i>	152	147 N/mm <sup>2</sup>	169,2 N/mm <sup>2</sup>	1,19	Memenuhi

Tabel.4 Hasil perhitungan *Safety Factor* Gerakan Menarik menurut kriteria bahan

Kondisi Pembebanan	Node	Max Stress	Teg. Ultimat $e$	Safety Factor	Ket
Light Weight Barge	8615	79,1 N/mm <sup>2</sup>	400 N/mm <sup>2</sup>	5,06	Memenuhi
Dead Weight Barge	8615	191 N/mm <sup>2</sup>	400 N/mm <sup>2</sup>	2,09	Memenuhi

Tabel.5 Hasil perhitungan *Safety factor* Gerakan Menarik menurut standart BKI

Kondisi Pembebanan	Node	Max Stress	Teg. Ultimat $e$	Safety Factor	Ket
Light Weight Barge	8615	79,1 N/mm <sup>2</sup>	195,05 N/mm <sup>2</sup>	2,47	Memenuhi
Dead Weight Barge	8615	191 N/mm <sup>2</sup>	195,05 N/mm <sup>2</sup>	1,02	Memenuhi

## 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan Analisa Kekuatan Konstruksi Kapal *Tugboat* Ari 400 HP dengan Metode Elemen Hingga diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Karakteristik tegangan yang terjadi pada konstruksi kapal *Tugboat* ARI dalam beberapa variasi kondisi pembebanan dengan menggunakan program berbasis FEM adalah sebagai berikut
  - Pada saat kapal melakukan dorongan
    - Kondisi *dead weight barge* = 147 N/mm<sup>2</sup>
    - Kondisi *light weight barge* = 42,6 N/mm<sup>2</sup>
  - Pada saat kapal melakukan tarikan
    - Kondisi *dead weight barge* = 191 N/mm<sup>2</sup>
    - Kondisi *light weight barge* = 79,1 N/mm<sup>2</sup>
- Maximum stress* terbesar terjadi pada saat kapal *Tugboat* melakukan gerakan menarik pembebanan *Dead Weight Barge* mendapatkan *stress* sebesar 191 N/mm<sup>2</sup>

dimana daerah paling kritis terjadi pada *node* 8615.

- Komponen konstruksi pada kapal *TugBoat* ARI yang paling kritis terhadap pembebanan maksimum. Terletak pada gading nomor 10. Tegangan ini masih dalam kondisi aman karena setelah dibandingkan dengan  $\sigma_{yield}$  bahan sebesar 400 N/mm<sup>2</sup> dan  $\sigma_{ijin}$  *rules* BKI gerakan menarik 195,05 N/mm<sup>2</sup> menghasilkan nilai *Safety Factor* serta 2,09 dan 1,02.

### 5.2 Saran

- Untuk mencapai ketelitian yang maksimal dalam analisa dengan menggunakan program berbasis FEM, pemodelan harus dilakukan dengan membuat geometri yang baik dan teliti.
- Very fine mesh* yang tepat akan menambah ketelitian perhitungan pada *software*
- Menggunakan spesifikasi komputer yang tinggi akan membantu memperlancar serta bisa menghemat waktu, ketika pengerjaan dan *running*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mulyatno, I.P., Berlian A.A., Muhammad, A. 2012. Analisa Kekuatan Konstruksi *Bracket Towing Hook* Pada Tb. Bontang Dengan Metode Elemen Hingga Dan Rules BKI. Program Studi S1Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro. Semarang. 1(9):1-5
- [2] Djaya, I., K. 2008. Teknik Konstruksi Kapal Baja. Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional
- [3] Prakoso, C., Yannes M.P. 2010. Pengembangan Anjungan Kapal Tugboat Penarik Tongkang Batubara berbasis Ergonomi. [Jurnal Tingkat Sarjana Senirupa dan Desain]. Fakultas Seni Rupa dan Desain, ITB. Bogor. 1:1-7
- [4] Dokkum, K.V. 2003. *Ship Knowledge A Modern Encyclopedia*. Dokmar. Enkhuizen, The Netherlands
- [5] Geer Dave. 1989. *Propeller Handbook The Complete Reference for choosing, instaling and Understanding Boat Propeller*. The McGrew-Hill Companies. USA
- [6] Popov, E.P. 1978. *Mechanics of Material, 2nd edition, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs*. New Jersey. USA
- [7] Alam, M.S. 2005. *Finite element Modeling of Fatigue Crack Growth in Curved-Welded Joints Using Interface Elements*. University of Illinois. Illinois