

ANALISA KEKUATAN KONSTRUKSI MODIFIKASI *DOUBLE BOTTOM* AKIBAT ALIH FUNGSI PADA KAPAL ACCOMODATION WORK BARGE (AWB) 5640 DWT DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

Yuli Prastyo, Imam Pujo Mulyatno, Hartono Yudho
S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Email : prastyo.yuli92@gmail.com

Abstrak

Accommodation Work Barge (AWB) 5640 DWT merupakan jenis kapal tongkang kerja yang tidak memiliki sistem propulsi sendiri. Kapal ini digunakan sebagai tempat akomodasi bagi karyawan perusahaan migas dan industri kemaritiman. Untuk mendukung sistem tambat, *owner* kapal melakukan modifikasi *fresh water tank* menjadi ruang *mooring winch*. Akibat alih fungsi, *double bottom* mengalami perubahan pembebanan. Penelitian ini membandingkan *double bottom* sebelum dan sesudah dimodifikasi saat berada pada kondisi beban statis, *sagging* dan *hogging*. Adapun skenario pembebanan meliputi muatan penuh pada model sebelum dimodifikasi, beban *mooring winch* dan beban tarik pada model sesudah dimodifikasi. Hasil analisa dengan *software* berbasis metode elemen hingga berupa tegangan *von mises* dan konstruksi *double bottom* yang paling kritis pada beberapa kondisi pembebanan. Tegangan *von mises* terbesar terjadi ketika kondisi *hogging* pada model sebelum dimodifikasi sebesar 168 N/mm^2 dan sebesar 183 N/mm^2 ketika pembebanan *full load* + beban tarik saat kondisi *hogging*. komponen konstruksi paling kritis terjadi ketika kondisi *hogging* pada model sebelum dimodifikasi dan ketika pembebanan *full load* + beban tarik saat kondisi *hogging*.

Kata Kunci: Analisa kekuatan, *Accommodation Work Barge*, *Double Bottom*, *mooring winch*

1. PENDAHULUAN

Cara meningkatkan produksi migas salah satunya adalah dengan mengalihkan daerah operasi pengeboran minyak lepas pantai dari perairan dangkal menuju perairan dalam (*deep water*). Untuk memenuhi kebutuhan akomodasi pengeboran minyak diperairan dalam, maka *Owner* Kapal *Accommodation Work Barge* (AWB) 5640 DWT melakukan modifikasi kapal dengan menambah jumlah jangkar dan mengganti *Mooring Winch* yang mempunyai kapasitas lebih besar.

Dengan adanya penggantian *Mooring Winch* yang mempunyai kapasitas lebih besar dari sebelumnya, maka dibutuhkan ruangan yang lebih besar untuk penempatan *Mooring Winch* tersebut. Oleh karena itu ruangan *Mooring Winch* diperluas dengan jalan memodifikasi *Fresh Water Tank* yang terletak didepan ruang *Mooring Winch*, sehingga ruangan yang semula berupa *Fresh Water Tank* beralih fungsi menjadi ruangan *Mooring Winch* yang baru.

Karena alih fungsi ini mengakibatkan beban yang diterima oleh *Double Bottom* berubah dengan adanya perubahan jenis muatan. Oleh karena itu diperlukan analisa kekuatan dengan metode elemen hingga.

Dengan memperhatikan pokok permasalahan yang terdapat pada latar belakang di atas maka diambil beberapa rumusan masalah pada Tugas Akhir ini sebagai berikut:

1. Berapa nilai kekuatan pada system konstruksi *double bottom* kapal AWB 5640 DWT sebelum dan sesudah dilakukan modifikasi ?
2. Berapa nilai tegangan maksimum yang terjadi pada Sistem konstruksi *double bottom* Kapal AWB 5640 DWT sebelum dan sesudah dilakukan modifikasi ?
3. Dimana Letak komponen konstruksi *double bottom* pada kapal AWB 5640 DWT yang paling kritis sebelum dan setelah dilakukan alih fungsi terhadap pembebanan maksimum ?

Batasan masalah digunakan sebagai arahan serta acuan dalam penulisan tugas akhir

sehingga sesuai dengan permasalahan serta tujuan yang diharapkan. Adapun batasan permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Asumsi perhitungan menggunakan analisa linier statis.
2. Analisa dilakukan pada bagian *double bottom* dibawah *fresh water tank* yang telah dimodifikasi menjadi ruang *Mooring Winch*.
3. Hasil analisa yang dilakukan berupa besarnya tegangan yang terjadi pada konstruksi *double bottom* kapal.
4. Analisa berdasarkan *local stress*
5. Material baja yang digunakan adalah baja *grade A*
6. Analisa menggunakan *software* berbasis *finite elemen method*

Berdasarkan perumusan masalah dan pembatasan masalah diatas, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan nilai kekuatan sebelum dan sesudah dilakukan modifikasi pada konstruksi *Double Bottom* kapal AWB 5640 DWT
2. Mendapatkan data tegangan maksimum yang terjadi pada *system* konstruksi *double bottom* sebelum dan sesudah dilakukan alih fungsi pada kapal AWB 5640 DWT
3. Mendapatkan data mengenai letak komponen – komponen yang paling kritis dan perlu mendapat perhatian lebih pada *system* konstruksi *double bottom*

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Accomodation Work Barge

Menurut *American Bureau of Shipping* (2014), *Accomodation Work Barge* atau disingkat AWB merupakan jenis kapal tongkang kerja yang tidak memiliki alat penggerak sendiri yang pada prinsipnya dipakai sebagai tempat akomodasi bagi karyawan perusahaan yang bergerak dibidang pengeboran minyak lepas pantai maupun perusahaan lainnya yang bergerak dibidang kemaritiman. Kapal AWB ini dibuat agar dapat menampung lebih dari 36 orang termasuk ABK. Kapal AWB ini dapat melayani akomodasi bagi karyawan perusahaan saat kapal telah ditambatkan, oleh karena itu kapal ini cenderung diam dan baru dapat dipindahkan dengan bantuan *Tugboat*. [1]

2.2. Teori Elastisitas

Menurut Szilard (1989), Teori Elastisitas merupakan cabang dari fisika matematis yang mengkaji hubungan gaya, perpindahan, tegangan, regangan, dan beda elastis. Bila suatu pejal di bebani gaya dari luar, benda tersebut akan berubah bentuk/berdeformasi, sehingga timbul tegangan dan regangan dalam. Perubahan bentuk ini tergantung pada konfigurasi geometris benda tersebut dan mekanis bahannya. Teori Elastisitas menganggap bahan bersifat *homogen* dan *Isotropik*, dengan demikian sifat mekanis bahan sama dalam segala arah. [4]

2.3. Tegangan

Pada umumnya tegangan adalah gaya dalam yang bekerja pada luasan yang kecil tak hingga pada sebuah potongan dan terdiri dari bermacam-macam besaran dan arah. gaya – gaya dalam ini merupakan vektor dalam alam dan bertahan dalam keseimbangan terhadap gaya-gaya luar terpakai. Dalam mekanika bahan kita perlu menentukan intensitas dari gaya-gaya ini dalam berbagai bagian dari potongan, sebagai perlawanan terhadap deformasi sedang kemampuan bahan untuk menahan gaya tersebut tergantung pada intensitas ini. Pada umumnya, intensitas gaya yang bekerja pada luas yang kecil tak berhingga suatu potongan berubah-ubah dari satu titik ke titik yang lain, umumnya intensitas ini berarah miring pada bidang potongan. Intensitas gaya yang tegak lurus atau normal terhadap irisan disebut tegangan normal (*normal stress*) pada suatu titik. Suatu tegangan tertentu yang dianggap benar-benar bertitik tangkap pada sebuah titik, secara matematis didefinisikan sebagai

$$\sigma = \frac{\Delta F}{\Delta A}$$

Di mana F adalah suatu gaya yang bekerja tegak lurus terhadap potongan, sedangkan A merupakan luas yang bersangkutan. [2]

2.3. Regangan

Menurut Popov (1987), perpanjangan per satuan luas disebut regangan (*strain*). Ia adalah besaran yang tidak berdimensi, tetapi lebih baik kita memberinya memiliki dimensi meter per meter atau m/m. Kadang-kadang regangan diberikan dalam bentuk proses. Besaran regangan ϵ sangat kecil, kecuali untuk beberapa bahan seperti karet. Bila regangan tersebut diketahui, maka deformasi total dari pembebanan aksial adalah ϵL . Hubungan ini

berlaku untuk setiap panjang ukur sampai beberapa deformasi lokal mengambil bagian pada skala yang cukup besar.

$$\varepsilon = \frac{\Delta}{L}$$

Dimana :

ε = Regangan

Δ = Panjang total

L = Panjang awal [2]

2.3 Faktor Keamanan (Factor of Safety)

faktor keamanan 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 *ultimat (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 desain 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 :

$$FS = \frac{\sigma_{ultimate}}{\sigma_{ijin}} \quad [2]$$

2.3 Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga/*Finite Element Method* (FEM) adalah prosedur numerik untuk memperoleh solusi permasalahan yang ditemukan dalam analisa teknik. Metode elemen hingga mengkombinasikan beberapa konsep matematika untuk menghasilkan persamaan sistem linier atau nonlinier. Dalam metode elemen hingga, model elemen matematik dibentuk dengan membagi struktur menjadi bagian-bagian kecil (diskretisasi) yang disebut elemen. Masing-masing elemen yang bersebelahan dihubungkan dengan sejumlah titik tertentu yang disebut titik grid. [3]

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Studi Lapangan

Pada saat studi lapangan, pengambilan data dilakukan dengan 2 metode, yaitu metode observasi dan wawancara langsung dengan pihak terkait, seperti *Owner Surveyor* Kapal AWB 5640 DWT dan pihak galangan. Pada Penelitian ini, Studi lapangan dilaksanakan di PT.Marcopolo Shipyard Batam dan ditempat *Owner Surveyor*. Adapun materi penelitian yang diperoleh antara lain :

1. Data ukuran utama kapal.

Nama Kapal : AWB 5640 DWT

Lpp : 90,00 meter

Breadth : 30,00 meter

Draft : 6,10 meter

Depth : 4,00 meter

2. Data gambar-gambar desain konstruksi.

3.2 Studi Literatur

Setelah melakukan pengumpulan data serta observasi lapangan, penulis melakukan pengkajian melalui referensi literatur baik dari buku maupun publikasi di internet antara lain tentang:

1. Buku dan jurnal-jurnal tentang Metode Elemen Hingga.
2. Pedoman NASTRAN PATRAN

3.3. Pengolahan Data

Setelah semua data – data penelitian diperoleh, langkah selanjutnya adalah pengolahan data. Pengolahan data bertujuan untuk mempermudah dalam proses analisa nantinya. Adapun pengolahan data yang dikerjakan penulis dalam penelitian tugas akhir ini antara lain :

- Penentuan jenis dan ukuran komponen konstruksi pada *double bottom*
- Pemilihan material yang digunakan
- Perhitungan Pembebanan
- Perhitungan *longitudinal strength*

3.4 Pembuatan Model

Setelah data – data penelitian selesai diolah, langkah selanjutnya adalah pembuatan model *Double Bottom*. Pada permodelan *double bottom* ini dibuat 2 model, yaitu model *double bottom* sebelum dan sesudah dimodifikasi. Model *Double bottom* yang dibuat berdasarkan *double bottom* yang sebenarnya dilapangan.

3.5. Validasi

Sebelum masuk tahap analisa, model yang telah jadi harus melalui proses validasi. Validasi

merupakan proses perbandingan antara analisa *software* dengan perhitungan manual. Adapun hasil perbandingan antara analisa *software* harus mendekati hasil perhitungan manual.

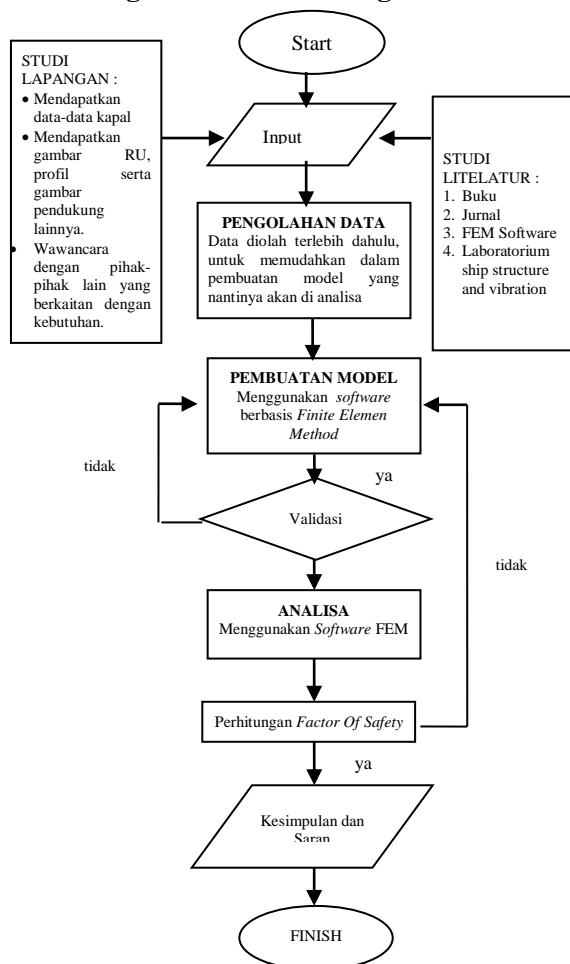
3.6. Analisa dan Pembahasan

Merupakan bagian akhir untuk mencapai hasil penelitian, yaitu didapatkannya kesimpulan final Tugas Akhir sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Dari semua hasil pengolahan data berupa gambar, serta perhitungan yang diperoleh dan telah dikelompokkan maka kemudian dilakukan proses analisa kekuatan kapal. Proses analisa yang dilakukan tetap mengacu pada teori dan literatur (pustaka) yang ada.

3.7 Penarikan Kesimpulan

Pada tahap ini diambil kesimpulan, kesimpulan diperoleh dari data yang telah diolah dan dianalisa sesuai dengan tujuan awal yang telah di tetapkan pada penelitian serta saran mengenai pengembangan penelitian lanjutan.

3.8 Diagram Alir Metodologi Penelitian



Gambar 1. Diagram alir metodologi penelitian

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Tinjauan Umum Modifikasi Double Bottom

Double Bottom merupakan konstruksi paling bawah dari bagian kapal, sehingga konstruksinya harus kuat. *Double Bottom* yang terletak dibawah ruang *mooring winch* yang baru antara *frame* no.24 sampai *frame* no.42 merupakan hasil modifikasi dari *double bottom* dibawah tangki air tawar *frame* no 24 sampai *frame* no 42.

Sebelum dilakukan modifikasi, tinggi *double bottom* setinggi 0,75 meter, namun setelah dimodifikasi tinggi *double bottom* menjadi 1,9 meter. modifikasi dilakukan dengan jalan menambah tinggi *bottom transverse* setinggi 1,15 meter, sehingga *tanktop* dan *inner bottom* setinggi 1,9 meter diatas *baseline*. Selain itu ditambah profil memanjang sebagai penumpu *mooring winch*.

4.2. Permodelan Double Bottom

Dalam pembuatan model *double bottom* pada *software* Msc Patran menggunakan ukuran dan dimensi sesuai dengan *double bottom* yang sesungguhnya. Selain itu, material dan properti dari elemen ditentukan sesuai dengan desain *double bottom* yang sebenarnya.

Pembuatan model *double bottom* dimulai dengan mendefinisikan geometri untuk tiap elemen yang akan dibuat sesuai dengan bentuk, ukuran dan jenis propertinya Geometri model dibuat menjadi sebuah sistem yang saling terhubung hingga menjadi kesatuan pada sistem *double bottom*.

Setelah model selesai dibuat, proses selanjutnya adalah proses *meshing*. *Meshing* merupakan proses pembuatan model menjadi kumpulan nodal elemen hingga yang lebih kecil yang dimana antar elemen saling terhubung satu dengan yang lainnya. Pada proses *meshing*, tiap bagian dari sistem *double bottom* didefinisikan dengan ukuran yang berbeda.

Setelah proses *meshing* selesai, langkah selanjutnya adalah penentuan jenis material sesuai dengan material sebenarnya. Untuk jenis material yang digunakan dalam model ini adalah baja KI-A36 Dimana kriteria bahan baja tersebut adalah :

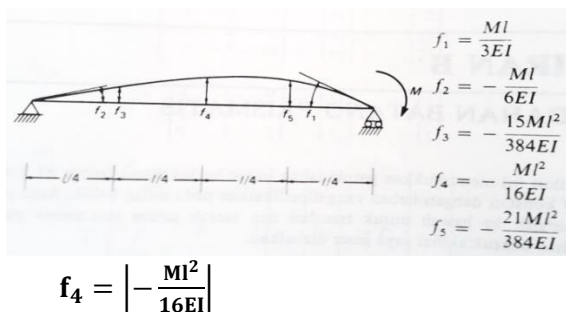
Modulus Elastisity	= 2,06 x 10 ⁵ Mpa
Yield	= 235 Mpa
Ultimate Stress	= 400 Mpa
Shear Modulus	= 79230,76 Mpa
Poisson's Ratio	= 0,3
Density	= 7.862,3 Kg/m ³

Kemudian langkah selanjutnya menentukan *boundary condition*. *Boundary Conditions* dapat diartikan juga sebagai kondisi jepit yang fungsinya menjaga agar tiap-tiap ujung benda tetap kaku (*rigid*), tidak bergerak-gerak saat analisa dilakukan Adapun *Boundary Conditions* untuk analisa kekuatan modifikasi konstruksi *Double Bottom* ini sesuai ketentuan dibawah ini :

- *Independent Point on aft end* :
Translational (x, y, z) = < -, 0, 0 >
Rotational (x, y, z) = < 0, -, - >
- *Independent Point on fore end* :
Translational (x, y, z) = < 0, 0, 0 >
Rotational (x, y, z) = < 0, -, - >

4.3. Validasi

Sebelum masuk ke tahap analisa, suatu model yang dibuat dengan bantuan software harus dilakukan validasi model. Hal ini akan menunjukkan keakuratan pemodelan pada *software* dengan model yang sebenarnya. Cara yang digunakan dalam validasi model yaitu dengan membandingkan perbandingan hasil deformasi antara analisa pada *software* dan perhitungan menggunakan rumus mekanika teknik. Adapun rumus yang dipakai dalam perhitungan deformasi yaitu :



Dimana : M = momen, I= momen inersia,
E=modulus elastisitas, Vmax= defleksi maksimum, f4=deformasi tengah.

Tabel 1. Perbandingan Perhitungan manual dan analisa software

Analisa	Software	Manual	Validitas
Deformasi	3,53 x 10 ⁻⁸	3,44 x 10 ⁻⁸	97,56 %

Berdasarkan perbandingan hasil perhitungan menggunakan rumus mekanika teknik dan hasil analisa software yang presentase validitas masih dibawah 10%, sehingga dapat disimpulkan model dianggap valid.

4.4. Pembebanan

Beban (*load*) yang akan diinputkan pada model *double bottom* diasumsikan sebagai berikut :

- Beban *Fresh water* (sebelum modifikasi)
- Beban *Mooring Winch* + rantai jangkar (*full load*) = 40 ton + 9 ton
- Beban *Mooring Winch* + rantai jangkar + *Pull load* = 40 ton + 9 ton + 118.097,6 N

Berat pembebanan pada *double bottom* sebelum dimodifikasi dihitung menggunakan rumus : **P = ρ x g x h**

Sedangkan berat pembebanan pada *double bottom* sesudah dimodifikasi dihitung menggunakan rumus : **W = m x g**

Sehingga didapat berat masing – masing kondisi pembebanan sebagai berikut :

- Berat beban *fresh water* = 48.020 N/m²
- Berat *Mooring winch*+ rantai (*full load*) = 480.200 N
- Berat *Mooring winch*+ rantai (*full load*) + beban tarik = 480.200 N + 118.097,6 N

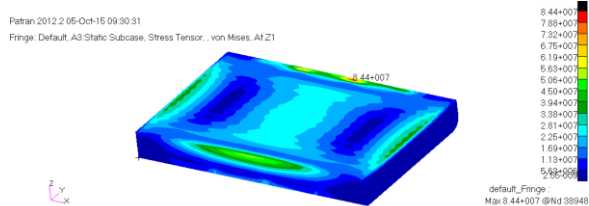
Beban pada masing – masing kondisi diinputkan pada masing – masing tumpuan *mooring winch* (*winch pad*), dimana terdapat 6 *winch pad* pada *double bottom* dengan rincian 4 *winch pad* A (0,7 m x 0,4 m) dan 2 *winch pad* B (0,9 mx 0,4 m).

Adapun berat per luasan pada masing – masing kondisi pembebanan adalah sebagai berikut :

- *Fresh water* = 48.020 N/m²
- *winch full load* = 260.978,26 N/m²
- *Pull Load* = 64.183,48 N/m²

4.4. Hasil Analisa *Double Bottom* Sebelum Modifikasi

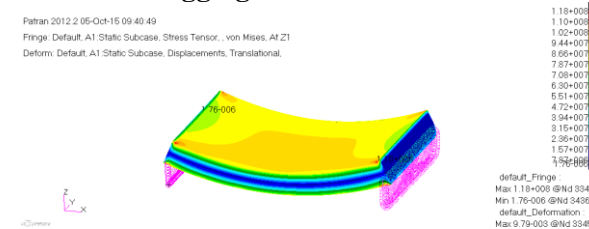
- **Kondisi Beban Statis**



Gambar 2. Hasil analisa beban statis

Hasil analisa pembebanan pada saat kondisi beban statis didapat tegangan maksimum sebesar $8,44 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ atau 84,4 Mpa terletak pada node @38948 (pelat *tanktop*)

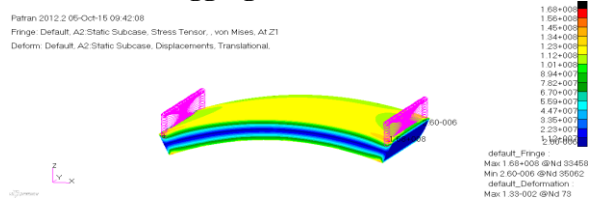
- **Kondisi Sagging**



Gambar 3. Hasil analisa beban kondisi *Sagging*

Hasil analisa pembebanan pada saat kondisi *Sagging* didapat tegangan maksimum sebesar $1,18 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ atau 118 Mpa terletak pada node @34366 (pelat *tanktop*)

- **Kondisi Hogging**

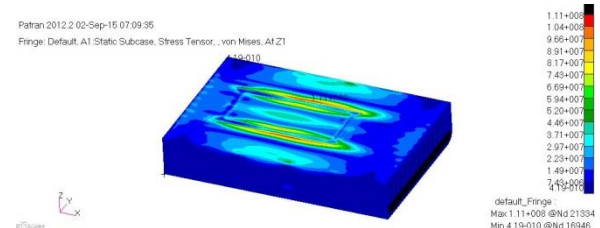


Gambar 4. Hasil Analisa Beban Kondisi *Hogging*

Hasil analisa pembebanan pada saat kondisi *Hogging* didapat tegangan maksimum sebesar $1,68 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ atau 168 Mpa terletak pada node @33458 (pelat *tanktop*)

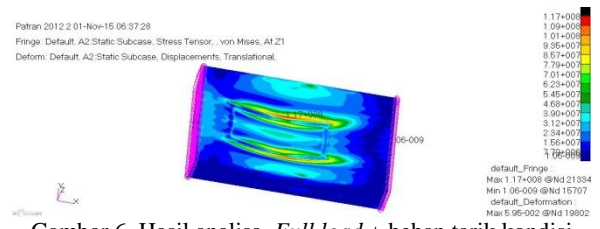
4.5. Hasil Analisa *Double Bottom* Sesudah Modifikasi

- **Pembebanan Statis**



Gambar 5. Hasil analisa beban *full load* kondisi beban statis

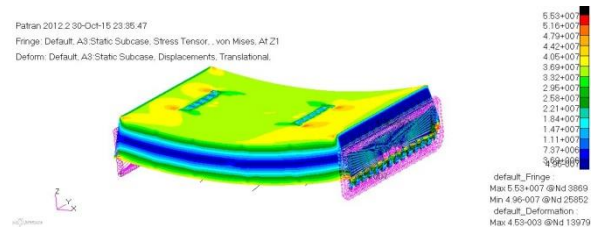
Hasil analisa pembebanan *full load* pada saat kondisi beban statis didapat tegangan maksimum sebesar $1,11 \times 10^8 \text{ Pa}$ atau 111 Mpa terletak pada node @21334 (pelat *tanktop*)



Gambar 6. Hasil analisa *Full load* + beban tarik kondisi pembebanan statis

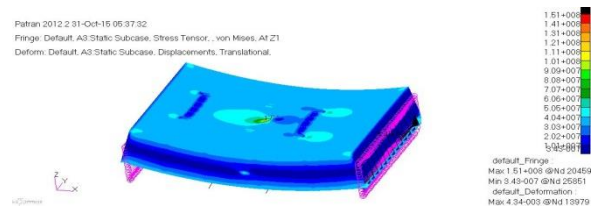
Hasil analisa pembebanan *full load* + beban tarik pada saat kondisi beban statis didapat tegangan maksimum sebesar $1,17 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ atau 117 Mpa terletak pada node @21334 (pelat *tanktop*)

- **Pembebanan kondisi *Sagging***



Gambar 7. Hasil analisa *Full load* kondisi *Sagging*

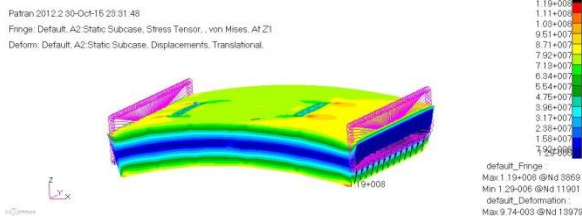
Hasil analisa pembebanan *full load* pada saat kondisi *Sagging* didapat tegangan maksimum sebesar $5,53 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ atau 55,3 Mpa terletak pada node @3869 (*bulkhead frame* 42)



Gambar 8. Hasil analisa *Full load* +beban tarik kondisi *sagging*

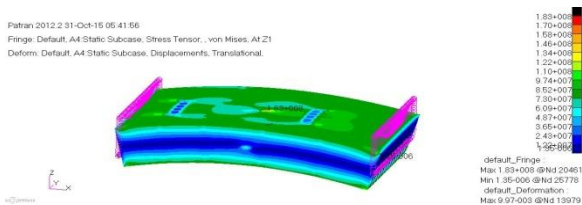
Hasil analisa pembebanan *full load* + beban tarik pada saat kondisi *sagging* didapat tegangan maksimum sebesar $1,51 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ atau 151 Mpa terletak pada node @20459 (pelat *tanktop*)

• **Pembebanan kondisi Hogging**



Gambar 9. Hasil analisa *Full load* kondisi *hogging*

Hasil analisa pembebanan *full load* pada saat kondisi *hogging* didapat tegangan maksimum sebesar $1,19 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ atau 119 Mpa terletak pada node @3869 (*Bulkhead Frame 42*).



Gambar 10. Hasil analisa *Full load* + beban tarik kondisi *hogging*

Hasil analisa pembebanan *full load* + beban tarik pada saat kondisi *hogging* didapat tegangan maksimum sebesar $1,83 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ atau 183 Mpa terletak pada node @20461 (Pelat *Tanktop*).

4.5. Nilai Kekuatan

• **Nilai Kekuatan Berdasarkan Tegangan Ijin BKI**

Besarnya nilai kekuatan bisa dilihat dari faktor keamanan (*Factor of Safety*) dimana syarat faktor keamanan nilainya harus lebih dari 1 atau tegangan maksimum lebih kecil dari tegangan ijin. Nilai tegangan ijin yang sesuai dengan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_L^2 + 3\tau^2} \leq \frac{190}{k}$$

(Rules BKI 2013 Vol.II Sec.5D.1.2)

Tabel 2. Perhitungan *Factor of Safety* menurut tegangan rules BKI *Double Bottom* sebelum modifikasi

Kondisi	σ_{mak}	Lokasi Nodal	σ_{ijin}	Fs	Ket
Statis	84,4	38948	190	2,24	Pass
<i>Sagging</i>	118	34366	190	1,61	Pass
<i>Hogging</i>	168	33458	190	1,13	Pass

Tabel 3. Perhitungan *Factor of Safety* menurut tegangan rules BKI *Double Bottom* sesudah modifikasi

Kondisi	Beban	σ_{mak}	Lokasi Nodal	σ_{ijin}	Fs	Ket
Statis	<i>Full load</i>	111	21334	190	1,71	Pass
Statis	<i>Full + beban tarik</i>	117	21334	190	1,62	Pass
<i>Sagging</i>	<i>Full load</i>	55,3	3869	190	3,44	Pass
<i>Sagging</i>	<i>Full + beban tarik</i>	151	20459	190	1,26	Pass
<i>Hogging</i>	<i>Full load</i>	119	3869	190	1,59	Pass
<i>Hogging</i>	<i>Full + beban tarik</i>	183	20461	190	1,04	Pass

• **Nilai Kekuatan Berdasarkan Kriteria Material**

Besarnya nilai kekuatan bisa dilihat dari faktor keamanan (*Factor of Safety*) dimana syarat faktor keamanan nilainya harus lebih dari 1. Nilai *factor safety* (FS) dapat dihitung dengan rumus :

$$FS = (\sigma_{\text{yield}} / \sigma_{\text{max}})$$

Dimana :

FS = *factor safety*

σ_{max} = tegangan maksimum yang terjadi

σ_{yield} = kemampuan kekuatan luluh material

Kriteria baja grade KI-A36

Modulus elastisitas = 210 GPA

Ultimate stress = 400 N/mm²

Yield stress = 235 N/mm²

Tabel 4. Perhitungan *Factor of Safety* (FS) menurut kriteria bahan BKI *Double bottom* sebelum modifikasi

Kondisi	σ_{mak}	Lokasi Nodal	σ_{ijin}	Fs	Ket
Statis	84,4	38948	235	2,78	Pass
<i>Sagging</i>	118	34366	235	1,99	Pass
<i>Hogging</i>	168	33458	235	1,39	Pass

Tabel 5. Perhitungan *Factor of Safety* menurut kriteria material BKI

Kondisi	Beban	σ_{mak}	Lokasi Nodal	σ_{ijin}	Fs	Ket
Statis	<i>Full load</i>	111	21334	235	2,12	Pass
Statis	<i>Full + beban tarik</i>	117	21334	235	2,01	Pass
<i>Sagging</i>	<i>Full load</i>	55,3	3869	235	4,25	Pass
<i>Sagging</i>	<i>Full + beban tarik</i>	151	20459	235	1,56	Pass
<i>Hogging</i>	<i>Full load</i>	119	3869	235	1,97	Pass
<i>Hogging</i>	<i>Full + beban tarik</i>	183	20461	235	1,28	Pass

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Nilai kekuatan pada *double bottom frame* 24-42 dibawah ruang *mooring winch portside* hasil modifikasi ini memiliki nilai yang berbeda tiap pembebanan dan kondisi. Nilai ini didapat dari nilai *factor of safety* baik berdasarkan tegangan ijin BKI maupun dari kriteria material. Pada *double bottom* sebelum dimodifikasi, nilai kekuatan terbesar pada pembebanan statis yaitu sebesar 2,24 berdasarkan *rules* BKI dan 2,78 berdasarkan kriteria bahan BKI. Sedangkan pada model *double bottom* setelah modifikasi nilai kekuatan terbesar pada saat pembebanan *full load* kondisi *sagging* yaitu sebesar 3,44 berdasarkan *rules* BKI dan 4,25 berdasarkan kriteria bahan BKI
2. Tegangan (*stress*) maksimum terbesar yang terjadi pada *Double bottom frame* 24-42 kapal *accommodation work barge* 5640

DWT ini sebesar 168 pada kondisi *hogging* model *Double bottom* sebelum dimodifikasi dan 183 N/mm² pada model *double bottom* setelah dimodifikasi pembebanan *full load + Pull load* ketika kondisi *hogging*.

3. Letak daerah paling kritis terjadi pada node 33548 model *double bottom* sebelum dimodifikasi tepatnya pada tanktop dibagian tepi pada kondisi *hogging* dan node 20461 model *double bottom* setelah dimodifikasi tepatnya pada *tanktop* disekitar *winch pad* pada pembebanan *Full load + beban tarik* kondisi *hogging*.

5.2 Saran

1. Pemodelan dengan menggunakan metode Elemen hingga sangat bergantung kepada jumlah elemen yang dipergunakan dan kesesuaian pemberian *constraint* dan *load* sesuai tempatnya pada suatu model. Sehingga untuk mendapatkan hasil pemodelan yang lebih baik hendaknya pembuatan model dilakukan dengan pembagian *mesh* yang lebih banyak lagi, terutama pada daerah yang mengalami pemusatan tegangan. Dengan demikian hasil yang akan didapat mendekati kondisi sesungguhnya.
2. Perlu dilakukan optimasi kondisi pembebanan untuk mendapatkan pembebanan maksimum yang memungkinkan dari struktur konstruksi *double bottom frame* 24-42 dibawah ruang *mooring winch* hasil modifikasi pada kapal *Accommodation work barge* 5640 DWT

DAFTAR PUSTAKA

- [1] American Bureau Of Shipping (ABS).2014.“*Guide for Bulding And Classing Accomodation Barge*”,New York:ABS
- [2] Popov, E.P. 1978. *Mechanics of Materials*, 2nd edition, New Jersey: Prentice-Hall
- [3] Sonief, A.As’ad.2003.”Diktat Metode Elemen Hingga”.Malang:Universitas Brawijaya.
- [4] Szilard,R.1989. *Theory and Analysis of Plates classical and Numerical Methods*. University of Hawai . Hawai.