

ANALISA KEKUATAN MODIFIKASI *MAIN DECK* AKIBAT PENGGANTIAN *MOORING WINCH* PADA KAPAL *ACCOMODATION WORK BARGE 5640 DWT* DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

M Yaqut Zaki Aji¹⁾, Imam Pujo Mulyatno¹⁾, Hartono Yudho¹⁾

¹⁾Jurusan S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Email : yaqut.zaki@yahoo.com

ABSTRAK

Accommodation Work Barge atau disingkat AWB merupakan jenis kapal tongkang kerja yang tidak memiliki alat penggerak sendiri yang prinsipnya sebagai tempat akomodasi bagi karyawan perusahaan yang bergerak dibidang pengeboran minyak lepas pantai maupun perusahaan yang bergerak dibidang kemaritiman. *Accommodation Work Barge* dimodifikasi karena terjadi perubahan operasi pelayaran kapal dari perairan dangkal ke perairan dalam, hal tersebut mempengaruhi kinerja sistem tambat kapal, untuk mengatasi permasalahan ini maka pada *main deck* dilakukan penggantian yang sebelumnya terdapat 2 *winch single drum* dengan kapasitas beban 20 ton pada tiap *winch* menjadi 1 *winch double drum* dengan kapasitas 40 ton. Hal tersebut tentunya amat berpengaruh pada konstruksi *main deck*, karena adanya perubahan beban yang diterima *main deck* maka modulus pada *main deck* juga mengalami perubahan. Selanjutnya dilakukan analisa *local stress* dengan bantuan program numerik *Fifnite Element Methode (FEM)*. Analisa tersebut bertujuan untuk mengetahui karakteristik tegangan dan nilai tegangan terbesar dari konstruksi *maindeck* serta mengetahui letak titik kritis pada konstruksi *maindeck*, berdasarkan 4 variasi kondisi pembebanan yaitu beban *winch load*, beban *operasional* tarik *winch*, *sagging*, dan *hogging*. Hasil analisa dan perhitungan yang dilakukan didapatkan nilai tegangan tertinggi sebelum dilakukan modifikasi *main deck* dengan beban *winch* pada *main deck* 200 kN/m² terjadi pada beban tarik *winch* sebesar 65,1 N/mm² (*frame 149*), sedangkan setelah dilakukan modifikasi *main deck* dengan beban *winch* pada *main deck* 261 kN/m² terjadi pada beban tarik *winch* sebesar 56,3 N/mm² (*frame 149*), dari hasil nilai tegangan yang didapatkan, disimpulkan bahwa semua nilai tegangan yang terjadi pada *maindeck* masih memenuhi *safety factor*, baik *safety factor* menurut kriteria bahan 235 N/mm² maupun *safety factor* standar BKI 190 N/mm².

Kata kunci : *Accommodation Work Barge*, *Main deck*, *Mooring Winch*, Metode Elemen Hingga

1. PENDAHULUAN

Accommodation Work Barge merupakan salah satu jenis kapal yang digunakan untuk mempermudah pekerjaan kemaritiman semisal pada industri MIGAS. Industri Minyak dan Gas bumi yang semakin hari semakin meningkat, tidak diimbangi dengan cadangan minyak dan gas bumi yang memadai. Untuk itu dilakukan usaha untuk meningkatkan produksi migas, salah satu caranya adalah dengan mengalihkan daerah operasi pengeboran minyak lepas pantai dari perairan dangkal menuju perairan dalam (*deep water*). Hal ini menimbulkan permasalahan bagi *Owner* Kapal

yang mengharuskan kapal untuk dimodifikasi, dengan mengganti peralatan tambat agar dapat memenuhi kebutuhan akomodasi pekerja di pengeboran minyak lepas pantai baik yang berlokasi diperairan dangkal maupun perairan dalam.

Seperti halnya yang terjadi pada Kapal *Accommodation Work Barge (AWB) 5640 DWT* yang mengalami modifikasi pada peralatan tambatnya. Dengan adanya penggantian peralatan tambat seperti Jangkar, rantai jangkar dan *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 memindahkan salah satu *mooring winch* yang terletak di *main deck* ke *Ballast Tank*, sehingga *main deck* yang tadinya menerima beban di dua sisi sekarang menjadi terpusat satu sisi.

Modifikasi ini mengakibatkan beban yang diterima oleh *main deck* menjadi berubah dengan adanya perubahan dimensi dan berat dari *mooring winch*. Berdasarkan hal tersebut di atas maka perlu untuk dilakukan analisa kekuatan terhadap konstruksi *main deck* yang mengalami perubahan beban sehingga dapat mengetahui karakteristik kekuatan dari konstruksi tersebut.

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 karakteristik tegangan yang terjadi pada system konstruksi *main deck* kapal AWB 5640 DWT sesudah mengalami penggantian *mooring winch* ?
2. Berapa tegangan maksimum yang terjadi pada system konstruksi *main deck* kapal AWB 5640 DWT sesudah mengalami penggantian *mooring winch* ?
3. Dimana latak komponen kontruksi *main deck* yang paling kritis setelah mengalami penggantian *mooring winch*?

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. Hasil analisa yang dilakukan berupa besarnya tegangan yang terjadi pada konstruksi *main deck* haluan kapal
3. Analisa berdasarkan *local stress*
4. Kontruksi *deck* yang dianalisa hanya di bagian haluan kapal yakni di bawah *mooring winch*
5. Analisa *software* yang digunakan pada metode element hingga adalah MS PATRAN-NASTRAN
6. Material baja yang digunakan adalah material baja *greed A*
7. Tidak membahas analisa ekonomis
Tidak dilakukan pengujian bahan di laboratorium

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

1. Mendapatkan nilai karakteristik kekuatan sesudah dilakukan penggantian *mooring winch* pada *main deck* bagian haluan kapal AWB 5640 DWT.
2. Mendapatkan tegangan maksimum sesudah dilakukan penggantian *mooring winch* pada *main deck* bagian haluan kapal AWB 5640 DWT.
3. Mengetahui letak komponen yang paling kritis dan perlu mendapat perhatian pada sistem kontruksi *main deck* pada kapal AWB 5640 DWT.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kapal 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. [1] 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.

Adapun ruangan yang ada didalam kapal jenis ini seperti Kamar tidur, ruang rapat, kantor, rumah sakit, ruang makan, dapur, bioskop dan lain sebagainya. Selain itu ciri lain yang membedakan kapal ini dengan kapal jenis lain yaitu kapal jenis ini memiliki jangkar 4 atau 8 yang terletak pada bagian masing – masing sudut kapal.

Kapal *Accomodation Work Barge* 5640 DWT merupakan kapal yang dibuat pada tahun 2003, kemudian melakukan perbaikan dan modifikasi winch pada tahun 2013 di galangan MARCOPOLO SHIP YARD Batam, Indonesia.

Berikut ukuran utama kapal *Accomodation Work Barge* 5640 DWT:

- Lenght Overall : 90.00 m
- Breadth (Mld) : 30.00 m
- Depth (Mld) : 6.10 m
- Draught (Summer Loadline) (Mld) : 4.00 m
- Draught (Summer Loadline) (Ext) : 4.01 m
- Dead Weight : 5640 t

2.2. Baja Konstruksi Lambung Kekuatan Tinggi

Baja konstruksi lambung kekuatan tinggi adalah suatu baja konstruksi lambung, yang luluh dan kuat tariknya melebihi kuat luluh dan kuat tarik baja konstruksi lambung kekuatan normal. Menurut peraturan bahan, *volume* V, tegangan luluh atas nominal R_{eH} untuk 4 kelompok baja konstruksi lambung kekuatan tinggi telah ditetapkan berturut-turut pada 265, 315, 355 dan 390 N/mm². Baja konstruksi lambung kekuatan tinggi dikelompokkan dalam tingkat mutu berikut, yang berbeda satu dengan yang lainnya pada sifat ketangguhannya : KI-A 27 S, KI-D 27 S, KI-E 27 S, KI-A 32/36/40, KI-D 32/36/40, KI-E 32/36/40, KI-F 32/36/40.

2.3. Teori Elastisitas

Menurut Szilard (1989), Teori Elastisitas merupakan cabang dari fisika matematis yang mengkaji hubungan gaya, perpindahan, tegangan, regangan, dan beda elastis. Bila suatu perjal di bebani gaya dari luar, benda tersebut akan erubah 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. [5]

2.4. Tegangan

Menurut Jatmiko (2011), 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. Ditambahkan oleh Popov (1987), 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 berarahmiring 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. [3]

2.5. 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 prosen. 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.

$$\epsilon = \frac{\Delta}{L} \quad [4]$$

Dimana :

ϵ = Regangan

Δ = Panjang total

L = Panjang awal

2.6 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 *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 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 :

$$FS = \frac{\sigma_{ultimate}}{\sigma_{ijin}} \quad [4]$$

2.7 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 komplek. 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. [5]

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Studi Lapangan

Pengambilan data kapal baik ukuran maupun gambar rencana umum, *Profile Construction*, kontruksi *Main Deck* kapal *Accommodation Work Barge 5640 DWT* dilakukan di PT. Marcopo Shipyard, Batam.

3.2. Studi Literatur

Mempelajari sistematika perhitungan yang akan dikemukakan di dalam Tugas Akhir dari berbagai referensi baik berupa buku, jurnal, dan lain – lain. Dasar – dasar teori dan referensi yang dijadikan untuk pengolahan data dan membahas data – data penelitian antara lain :

1. Teori Metode Elemen Hingga
2. Teori Pelat
3. BKI Volume II Tahun 2014
4. ABS *Guide For Building And Classing Accommodation Barge* 2014
5. Teori Mekanika Teknik
6. *Software* MSC Patran
7. *Software* MSC Nastran

3.3. Pengolahan Data

Pengolahan data dimulai setelah semua data yang dibutuhkan terpenuhi, kemudian data tersebut dikumpulkan dan diolah untuk menunjang pengerjaan tugas akhir. Adapun tahapan pengolahan data sebagai berikut:

3.3.1 Pembuatan Model

Pembuatan model menggunakan program bantu MSC Patran dengan memasukkan data-data dimensi sesuai pembagian searah sumbu x,y,z.

3.3.2 Validasi Model

Validasi model dilakukan dengan maksud apakah model yang dibuat sudah sesuai dengan membandingkan antara hasil dari *software* dengan perhitungan manual.

3.3.3 Pembebanan

Hasil model selanjutnya diberi beban dan gaya sesuai dengan beban hasil perhitungan yang mempengaruhi material kontruksi *main deck*.

3.3.4 Analisa Model

Dari output *pre* analisis MscPatran, dengan menggunakan program Msc Nastran dijalankan proses analisis melalui input file model yang di analisis (*.bdf*) dimana file yang nantiakan di bacapada *post processing* adalah file (*.xdb*).

3.4 Penyajian Data Perhitungan

Semua hasil pengolahan data berupa gambar model, *display* hasil analisis, serta parameter-parameter yang diperlukan seperti tegangan maksimum, regangan, deformasi dapat diperoleh hasil dari proses tersebut, kemudian dilakukan pengelompokkan agar mudah dalam penyusunan laporan.

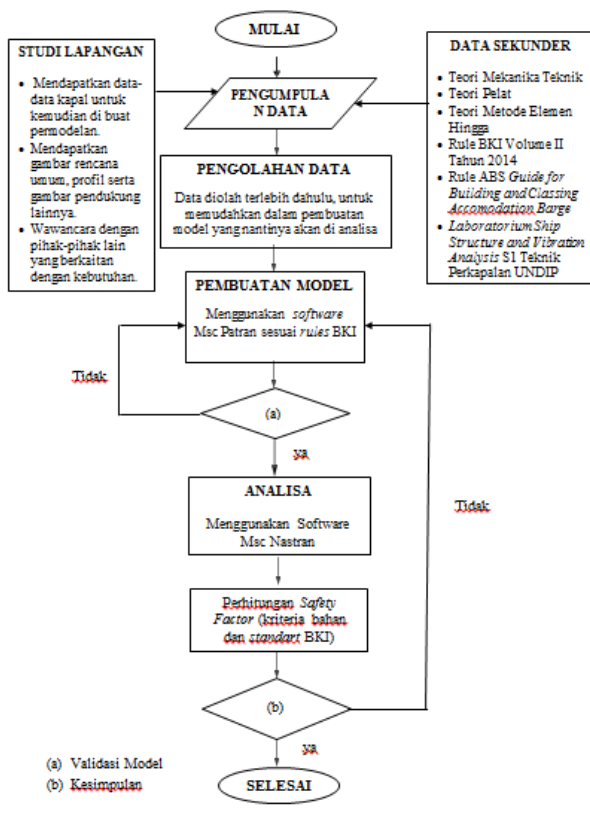
3.5 Analisa dan Pembahasan

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 kontruksi. Proses analisa yang dilakukan tetap mengacu pada teori dan literatur (pustaka) yang ada.

3.6 Penarikan Kesimpulan

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

3.2 Flow Chart Metodologi Penelitian



Gambar 2.3. Diagram alir penelitian

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengantar

Analisa ini untuk dapat mengetahui nilai kekuatan struktur suatu model konstruksi, dimana titik paling rawan pada konstruksi *main deck* pada Kapal Accomodation Work Barge 5640 DWT serta mengetahui nilai karakteristik *Strenght* pada daerah *hot spot stress*. Analisa beban statik dilakukan karena pembebanan konstruksi pada *main deck* akibat penggantian *mooring winch* yang berat dan luasnya nya lebih besar.

4.2. Permodelan

Dalam pembuatan model *main deck* pada *software* Msc Patran menggunakan ukuran dan dimensi sesuai dengan *main deck* gambar data yang di dapat. Selain itu, material dan properti dari elemen ditentukan sesuai dengan desain yang sebenarnya.

Pembuatan model dimulai dengan mendefinisikan geometri untuk tiap elemen yang akan dibuat sesuai dengan bentuk, ukuran dan jenis propertinya.

Setelah model selesai dibuat, proses selanjutnya adalah proses *meshing*. *Meshing*

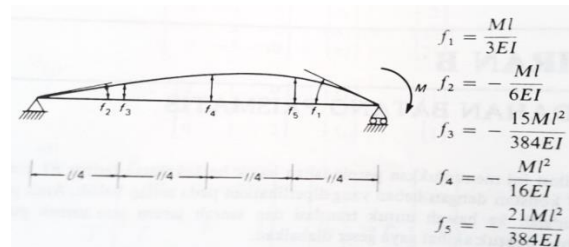
merupakan proses pembuatan model menjadi kumpulan nodal elemen hingga yang lebih kecil yang dimana antar elemen saling terhubung satu dengan yang lainnya. Pada proses *meshing*, tiap bagian dari *main deck* didefinisikan dengan ukuran yang berbeda.

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.

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 :

Deformasi :



$$f_4 = \left| -\frac{Ml^2}{16EI} \right|$$

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

Untuk hasil analisa defleksi *software* sebagai berikut :

Tabel 1. Perbandingan Perhitungan Manual dan Analisa Software

Analisa	Software	Manual	Validitas
Deformasi	$2,48 \times 10^{-8}$	$2,58 \times 10^{-8}$	96,20 %

4.4 Pendefinisian Beban

Menghitung besar tekanan internal pada tiap-tiap variasi pembebanan.

4.5 Perhitungan Beban

Analisa beban dinamis dilakukan untuk melihat kekuatan struktur suatu model, dimana daerah yang mengalami tegangan paling kritis, yaitu dengan melihat hubungan antar komponen dan struktur pendukungnya serta benetuk deformasinya

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

- Beban Mooring Winch + rantai jangkar (full load) = 40 ton + 9 ton
- Beban Mooring Winch + rantai jangkar + beban tarik = 40 ton + 9 ton + 118.097,6 N

Berat pembebanan dihitung menggunakan rumus : $W = m \times g$

Sehingga didapat berat masing – masing kondisi pembebanan sebagai berikut :

- Berat *Mooring winch*+ rantai (*full load*) = 480.200 N
- Berat *Mooring winch*+ rantai (*full load*) + beban tarik = 480.200 N + 118.097,6 N

4.6 Analisa Kekuatan

Tahap ini dilakukan untuk menghitung nilai strees tertinggi pada material sekaligus untuk mengetahui letak hotspot strees pada saat variasi pembebanan dilakukan. Dengan dasar rumus:

Tegangan $\sigma = \text{gaya (F)} / \text{satuan luas (A)}$

Dengan satuan sama dengan tekanan (pascal/ mega pascal) 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 car deck ini adalah baja standar. Proses Meshing Proses Meshing adalah proses dimana model dibuat menjadi kumpulan nodal elemen hingga yang lebih kecil yang saling terhubung. Karena

konstruksi car deck sangat kompleks. Meshing ditentukan dengan SIZE Element edge length 0,332, dengan parameter semakin kecil SIZE maka meshing akan semakin detail, semakin besar SIZE maka meshing akan semakin kurang detail.

3. Penentuan Kondisi Batas (Boundary Condition)

Kondisi batas digunakan untuk menentukan bentuk tumpuan dari objek yang dianalisa . Maka ditentukan kondisi batas jepit dengan menggunakan displacement.

Tabel 2. Penentuan kondisi batas

Lokasi titik independen	Translasi		
	x	y	z
Aft	-	fix	fix
Fore	fix	fix	fix
Lokasi titik independen	Rotasi		
	x	y	z
Aft	fix	-	-
Fore	fix	-	-

4. Pemberikan gaya tekan beban per satuan luas

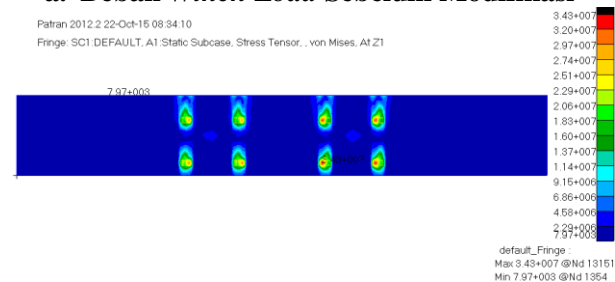
Hal ini bertujuan untuk memberi beban sesuai pada proses analisa yang diinginkan, pemberian beban sesuai pada yang ada pada lapangan.

5. General Post processing,

Dalam tahap post processing akan dapat diketahui hasil dari running perhitungan software sesuai dengan masing-masing kejadian Variasi pembebanan. Nantinya didapatkan hasil stress tertinggi dan lokasi hotspot stress.

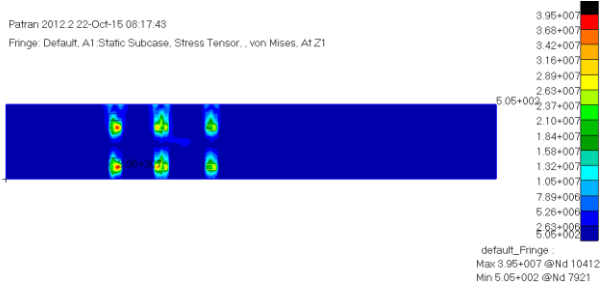
4.7. Analisa Setiap Kondisi Pembebanan

a. Beban Winch Load Sebelum Modifikasi



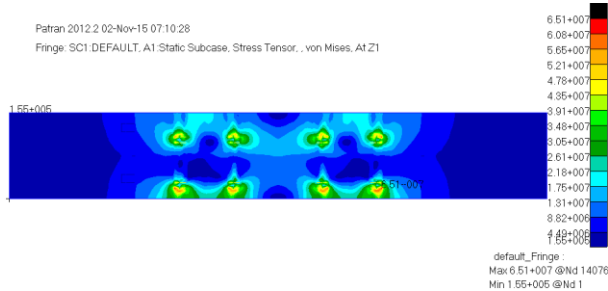
Gambar 4.2. Letak Hotspot Stress Kondisi Beban Winch Load 1 Sebelum Wodifikasi

b. Beban Winch Load Setelah Modifikasi



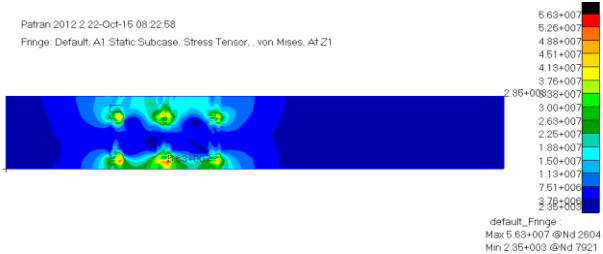
Gambar 4.3. Letak *Hotspot stress* kondisi Beban *Winch Load 2* Setelah Modifikasi

c. Beban Operasional Tarik Winch Sebelum Modifikasi



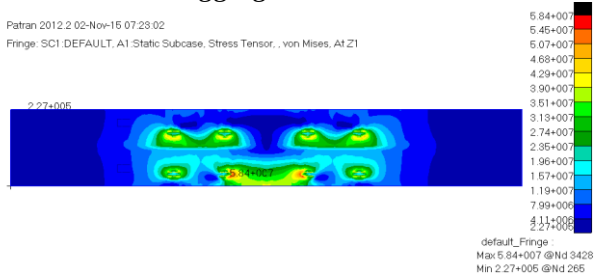
Gambar 4.4 Letak *Hotspot Stress* Kondisi Beban Operasional Tarik *winch 1* Sebelum Modifikasi

d. Beban Operasional Tarik Winch Setelah Modifikasi



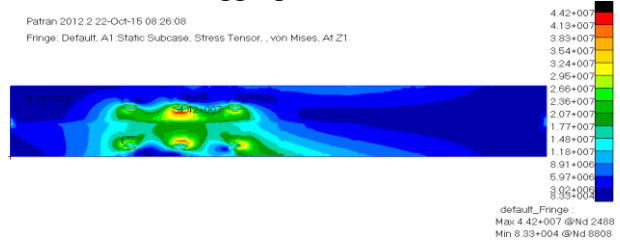
Gambar 4.5. Letak *Hotspot Stress* Kondisi Beban Operasional Tarik *winch 2* Sebelum Modifikasi

e. Beban Sagging Sebelum Modifikasi



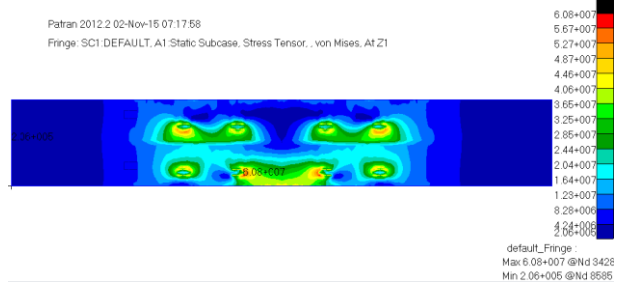
Gambar 4.6. Letak *Hotspot stress* Kondisi *Sagging 1* Sebelum Modifikasi

f. Beban Sagging Setelah Modifikasi



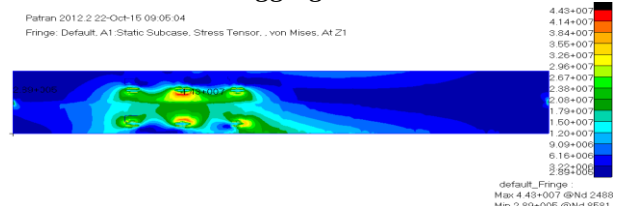
Gambar 4.7. Letak *Hotspot Stress* Kondisi *Sagging 2* Setelah Modifikasi

g. Beban Hogging Sebelum Modifikasi



Gambar 4.8. Letak *Hotspot Stress* kondisi *Hogging 1* Sebelum Modifikasi

h. Beban Hogging Setelah Modifikasi



Gambar 4.9. Letak *Hotspot Stress* Kondisi *Hogging 2* Setelah Modifikasi

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil

No	Jenis Variasi pembebanan	Maksimum Stress (Pa)
1	Kondisi winch load 1	$3,43 \times 10^7$
2	Kondisi winch load 2	$3,95 \times 10^7$
3	Kondisi beban operasional tarik <i>winch 1</i>	$6,51 \times 10^7$
4	Kondisi beban operasional tarik <i>winch 2</i>	$5,63 \times 10^7$
5	Kondisi <i>Sagging 1</i>	$5,84 \times 10^7$
6	Kondisi <i>Sagging 2</i>	$4,42 \times 10^7$
7	Kondisi <i>Hogging 1</i>	$6,08 \times 10^7$
8	Kondisi <i>Hogging 2</i>	$4,43 \times 10^7$

4.8. Perhitungan Tegangan Ijin Menurut Kriteria Bahan dan Standart BKI

4.8.1. Tegangan Ijin Menurut Kriteria Bahan

Tegang Ijin menurut Kriteria bahan yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah sebesar 235 N/mm². Hal itu dikarenakan pelat yang digunakan dalam pemebangunan kapal merupakan pelat baja kekuatan normal dengan standar BKI tipe

KI- A 36 yang mempunyai nilai *properties* sebagai berikut :

- Tegangan Luluh (*Yield*) = 235 Mpa
- Tegangan Ijin/*Ultimate* = 400 Mpa
- Modulus Elastisitas = 200 Gpa
- *Shear Modulus* = 79.3 Gpa
- *Poison Ratio* = 0.3

(Sumber dari BKI Tahun 2014 Vol.V section 4)

4.8.2. Tegangan Ijin Menurut Kriteria BKI

Perhitungan tegangan ijin yang di gunakan dalam Tugas Akhir ini sesuai dengan ketentuan BKI 2014 Vol II sec 5 D 1.2. didapatkan nilai sebagai berikut.

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

4.9. Perhitungan Factor Of Safety.

Syarat *factor safety* pada pengukuran ini nilainya harus lebih dari 1. Nilai *factor safety* (FS) dapat dihitung dengan rumus :

$$FS = (\sigma_{ultimate} / \sigma_{max})$$

Dimana

$$FS = \text{factor safety}$$

σ_{max} = tegangan maksimum yang terjadi

$\sigma_{ultimate}$ = kemampuan kekuatan *ultimate* material

4.10. Hasil Analisa dan Perhitungan Safety Factor

Pada kondisi normal dengan variasi kondisi pembebanan *winch load*, beban tarik terhadap jangkar.

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Analisa dan Perhitungan *Safety Factor* menurut Kriteria Bahan

No	Beban	σ_{max} (N/m ²)	Lokasi (Nodal)	σ <i>ultimate</i>	Fs (σ_v / σ_{max})	Ket
1	Kondisi <i>winch load 1</i>	34,3	13151	400	5,31	Aman
2	Kondisi <i>winch load 2</i>	39,5	10412	400	5,94	Aman
3	Kondisi beban operasional tarik <i>winch 1</i>	65,1	14076	400	3,60	Aman
4	Kondisi beban operasional tarik <i>winch 2</i>	56,3	2604	400	4,17	Aman
5	Kondisi <i>sagging 1</i>	58,4	3428	400	4,02	Aman
6	Kondisi <i>sagging 2</i>	44,2	2488	400	5,31	Aman
7	Kondisi <i>hogging 1</i>	60,8	3428	400	3,86	Aman
8	Kondisi <i>hogging 2</i>	44,3	2488	400	5,30	Aman

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Analisa dan Perhitungan *Safety Factor* menurut Standart BKI

No	Beban	σ_{max} (N/m ²)	Lokasi (Nodal)	σ <i>ultimate</i>	Fs (σ_v / σ_{max})	Ket
1	Kondisi <i>winch load 1</i>	34,3	13151	190	5,54	Aman
2	Kondisi <i>winch load 2</i>	39,5	10412	190	4,81	Aman
3	Kondisi beban operasional tarik <i>winch 1</i>	65,1	14076	190	3,60	Aman
4	Kondisi beban operasional tarik <i>winch 2</i>	56,3	2604	190	3,37	Aman
5	Kondisi <i>sagging 1</i>	58,4	3428	190	4,02	Aman
6	Kondisi <i>sagging 2</i>	44,2	2488	190	4,29	Aman
7	Kondisi <i>hogging 1</i>	60,8	3428	190	3,86	Aman
8	Kondisi <i>hogging 2</i>	44,3	2488	190	4,29	Aman

Berdasarkan Kedua hasil perhitungan *Safety Factor* yaitu menurut Kriteria Bahan dan Kriteria Standart BKI tersebut dapat disimpulkan bahwa konstruksi *maindeck* dinyatakan aman dalam pembebanan pembebanan *winch load* dan pembebanan tarik terhadap jangkar baik normal *shagging* dan *hogging* karena memenuhi persyaratan *Safety Factor* yaitu nilai *Safety Factor* harus lebih dari 1.

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari analisa kekuatan konstruksi modifikasi *main deck* pada kapal Accomodation Work Barge (AWB) 5640 DWT akibat adanya penggantian winch dengan menggunakan program MSC.PATRAN dan MSC. Nastran dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai karakteristik tegangan yang terjadi pada konstruksi *main deck* pada kapal Accomodation Work Barge (AWB) 5640 DWT dengan variasi kondisi pembebanan adalah sebagai berikut :
 - a. Kondisi Pembebanan Model Sebelum Modifikasi
 - Beban *winch load* sebesar 34,3 N/mm²
 - Beban operasional tarik *winch* sebesar 65,1 N/mm²
 - *Sagging* sebesar 58,4 N/mm²
 - *Hogging* sebesar 60,8 N/mm²
 - b. Kondisi Pembebanan Model Sesudah Modifikasi
 - Beban *winch load* sebesar 39,5 N/mm²
 - Beban operasional tarik *winch* sebesar 56,3 N/mm²
 - *Sagging* sebesar 44,2 N/mm²
 - *Hogging* sebesar 44,3 N/mm²

2. *Maximum stress* terbesar pada kontruksi lama terjadi pada :
 - a. Kondisi *winch load* dengan *stress* sebesar 34,3 N/mm² dimana daerah paling kritis terjadi pada *node* 13151.
 - b. Kondisi beban operasional tarik *winch* terhadap jangkar dengan *stress* sebesar 65,1 N/mm² dimana daerah paling kritis terjadi pada *node* 14076.
 - c. Kondisi *Sagging* dengan *stress* sebesar 58,4 N/mm² dimana daerah paling kritis terjadi pada *node* 3428.
 - d. Kondisi *Hogging* dengan *stress* sebesar 60,8 N/mm² dimana daerah paling kritis terjadi pada *node* 3428.
- *Maximum stress* terbesar pada kontruksi baru terjadi pada :
 - a. Kondisi *winch load* dengan *stress* sebesar 39,5 N/mm² dimana daerah paling kritis terjadi pada *node* 10412.
 - b. Kondisi beban operasional tarik *winch* dengan *stress* sebesar 56,3 N/mm² dimana daerah paling kritis terjadi pada *node* 2604.
 - c. Kondisi *Sagging* dengan *stress* sebesar 44,2 N/mm² dimana daerah paling kritis terjadi pada *node* 2488.
 - d. Kondisi *Hogging* dengan *stress* sebesar 44,3 N/mm² dimana daerah paling kritis terjadi pada *node* 2488.

Tegangan ini masih dalam kondisi aman karena setelah dibandingkan dengan σ_{yield} bahan sebesar 235 N/mm² yakni menghasilkan nilai *Safety Factor* untuk beban *winch load* 1 sebesar 5,31 , *winch load* 2 sebesar 5,94 , beban operasional tarik *winch* 1 sebesar 3,60, beban operasional tarik *winch* 2 sebesar 4,17, *Sagging* 1 sebesar 4,02 , *Sagging* 2 sebesar 5,31, *Hogging* 1 sebesar 3,86, *Hogging* 2 sebesar 5,30 kemudian *ijjin rules* BKI sebesar 190 N/mm² menghasilkan nilai *Safety Factor* beban *winch load* 1 sebesar 5,54 , *winch load* 2 sebesar 4,81 , beban tarik 1 sebesar 3,60, beban tarik 2 sebesar 3,37, *Sagging* 1 sebesar 4,02 , *Sagging* 2 sebesar 4,29, *Hogging* 1 sebesar 3,86, *Hogging* 2 sebesar 4,29
3. Letak komponen paling kritis dari kontruksi main deck sebelum di modifikasi yakni terjadi pada kondisi beban operasional tarik *winch* dengan nilai *stress*

maximum sebesar 65,1 N/m² di bawah *winch pad* atau terjadi pada profil *winch foot* bagian starboard kapal dengan nomer *frame* 149. Sedangkan letak komponen paling kritis dari kontruksi main deck setelah modifikasi yakni terjadi pada kondisi beban operasional tarik *winch* dengan nilai *stress maximum* 56,3 N/m² di bawah *winch pad* atau terjadi pada profil *winch foot* dengan nomer *frame* 149.

5.2 Saran

1. Penambahan jumlah *finite elemen* akan menambah ketelitian perhitungan pada *software*
2. Penambahan jumlah kondisi sesuai pada lapangan akan menambah keakuratan dari analisa kelelahan pada suatu material
3. Perlu diadakan uji kekuatan material pada konstruksi *main deck* kapal *Accommodation Work Barge* 4560 DWT untuk mendapatkan nilai batas kekuatan kontruksi material yang akurat.
4. Menggunakan spesifikasi komputer yang tinggi akan membantu memperlancar serta bisa menghemat waktu, ketika pengerjaan dan *running*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] American Bureau of Shipping.2014.*Guide For Building And Classing Accomodation Barge*. New York
- [2] Biro Klasifikasi Indonesia, PT. Persero. 2014. “*Rules for Classification and Construction of Sea Going Steel Ship Volume II : Rules for Hull Edition 2014,*” Jakarta : Biro Klasifikasi Indonesia
- [3] Jatmiko, S., Saptadi 2011. Analisa Kekuatan Deck Tongkang Muatan Tiang Pancang 750 DWT Dengan Software Berbasis Metode Elemen Hingga. Fakultas Teknik Perkapalan, Universitas Diponegoro. Semarang.
- [4] Popov, E.P. 1978.*Mechanics of Material, 2nd edition, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs*. New Jersey. USA.
- [5] Sonief.A.As’ad. (2003), “ *Diktat Metode Elemen Hingga* “. Universitas Brawijaya, Malang.
- [6] Szilard,R.1989. *Theory and Analysis of Plates classical and Numerical Methods*. University of Hawaii . Hawaii.