



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisa Kekuatan Struktur *Main Deck* Sebagai Penumpu *Towing Winch* Pada Kapal OSV.Go Perseus Dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga

Ellypar Sutisna S.¹, Imam Pujo Mulyatno¹, Sarjito Jokosisworo¹

¹Jurusan S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Email : ellypar.sigalingging@student.undip.ac.id

Abstrak

Kapal *Anchor Handling Tug Supply (AHTS)* adalah kapal khusus yang berfungsi untuk menangani pemasangan jangkar untuk buoy ataupun untuk mengangkat jangkar serta peralatan yang dibutuhkan selama proses eksplorasi. Dengan perubahan *framing system* kapal akan terjadi perubahan karakteristik tegangan. Pada setiap *framing system* tersebut dilakukan analisa *maximum stress* dengan bantuan program numerik *finite element method (FEM)*. Analisa yang digunakan adalah analisa beban statis, beban setiap kondisi pembebanan serta beban hidrostatis. Analisa tersebut bertujuan untuk mengetahui karakteristik tegangan dan nilai tegangan terbesar dari konstruksi kapal *Anchor Handling Tug Supply (AHTS)* serta mengetahui letak titik kritis pada kapal, berdasarkan tiga variasi kondisi pembebanan kapal yaitu beban *winch*, beban tarik, *sagging* dan *hogging*. Hasil analisa dan perhitungan yang dilakukan pada *deck* kapal model satu dalam kondisi tarik sebesar 74,2 N/mm², kondisi *sagging* sebesar 101 N/mm², dan kondisi *hogging* sebesar 70,9 N/mm². Untuk model dua dalam kondisi beban tarik sebesar 69,0 N/mm², kondisi *sagging* sebesar 99 N/mm², dan kondisi *hogging* sebesar 64,8 N/mm². Dari hasil nilai tegangan yang didapatkan, disimpulkan bahwa semua nilai tegangan yang terjadi pada kapal *Anchor Handling Tug Supply* masih memenuhi *safety factor*, baik *safety factor* menurut kriteria bahan maupun *safety factor* standar BKI.

Kata kunci : *Anchor Handling Tug Supply, sagging, hogging, Metode elemen hingga*

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan dengan garis pantai terpanjang di dunia. Sebagai negara kepulauan, Indonesia memiliki potensi kelautan yang melimpah. Baik dalam sektor perikanan hingga sektor minyak dan gas di lepas pantai Indonesia. Dalam pengembangan sektor minyak dan gas, transportasi laut merupakan sarana yang sangat penting bagi kelancaran dan kemajuan roda perekonomian bangsa Indonesia pada sector tersebut. Hampir sebagian besar distribusi barang, personal, peralatan dan bantuan operasi ketika eksplorasi minyak dan gas menggunakan sarana transportasi laut sebagai sarana penunjang utama proses eksplorasi. Lokasi eksplorasi yang jauh

serta kondisi lingkungan yang ekstrim menyebabkan tidak semua kapal dapat mampu melaksanakan kegiatan tersebut. Oleh karena itu dibutuhkan kapal khusus yang cukup kuat untuk membantu proses eksplorasi tersebut.

Kapal *Anchor Handling Tug Supply (AHTS)* adalah kapal khusus yang berfungsi untuk menangani pemasangan jangkar untuk buoy ataupun untuk mengangkat jangkar dan juga untuk inspeksi rantai sampai pada jangkar yang di dalam laut serta menyuplai logistic serta peralatan yang dibutuhkan selama proses eksplorasi. Kapal jenis ini harus memenuhi persyaratan laik laut yang optimum, aman dalam olah gerak, dan mempunyai kekuatan yang sangat baik. Sehingga

mampu menghasilkan olah gerak yang lincah, aman, mudah dioperasikan dan memiliki ketahanan pada kondisi ekstrim sekalipun. Penempatan *Towing Winch* pada umumnya berada *inline* diatas gearbox pada *maindeck* untuk mencegah terjadinya momen kopel dikarenakan terdapat dua buah gaya yang bekerja secara berlawanan.

Pada bagian penumpu *Towing Winch* pada bagian *maindeck Anchor Handling Tug Supply (AHTS)* memiliki sistem konstruksi unik berbentuk pilar-pilar. Sistem konstruksi deck juga ditumpu dengan beberapa pilar sehingga mendapatkan kekuatan yang cukup untuk menopang system konstruksi tersebut.

Persoalan utama dalam konstruksi kapal ialah membuat suatu konstruksi yang optimal dan kuat dengan berat konstruksi yang ringan-ringannya. Karena dengan konstruksi yang kuat tetapi memiliki ruang yang optimal, maka kita akan mendapatkan daya muat yang besar sehingga hal ini akan menguntungkan, yaitu pada kapal niaga akan dapat mengangkat muatan yang lebih besar.

Oleh sebab persoalan utama diatas, pada penelitian ini akan mencoba memberikan alternatif desain struktur dari desain yang ada untuk mendapatkan konstruksi tanpa pilar dan penegar dengan kekuatan berada pada standar yang diijinkan pada kapal tersebut. Penelitian ini juga akan menghitung ulang kekuatan awal struktur *deck* penumpu *towing winch* pada berbagai kondisi dan membandingkan hasil antara kekuatan awal struktur *deck* dengan kekuatan setelah diberikan alternatif desain struktur *deck*.

1.1 Rumusan Masalah

1. Bagaimana kekuatan konstruksi *main deck* sebagai penumpu *towing winch* dengan kondisi pembebanan yang direncanakan?
2. Apakah konstruksi *main deck* sebagai penumpu *towing winch* dalam kondisi aman/kondisi tegangan yang diijinkan sesuai dengan rules BKI (Indonesia) dan setelah dilakukan analisa ?
3. Apakah ada alternatif desain struktur *deck* yang lebih optimal dan memiliki tegangan yang diijinkan untuk menumpu *towing winch* tersebut ?

1.2 Batasan Masalah

1. Asumsi perhitungan menggunakan analisa linier statis.

2. Fokus analisa hanya dilakukan pada system konstruksi *main deck* di sekitar *towing winch* yaitu di *frame 71 – 92*.
3. Variasi model hanya pada ukuran profil.
4. Pembebanan dengan beberapa kondisi, antara lain :
 - a. Kondisi *deck* pada saat *towing winch* sudah terpasang namun tidak bekerja.
 - b. Kondisi *deck* pada saat *towing winch* menerima gaya tarik.
 - c. Kondisi *deck* pada saat *hogging*.
 - d. Kondisi *deck* pada saat *sagging*.
5. Material pelat baja yang digunakan merupakan material *Grade A*.
6. Tidak menganalisa kajian teknis dan ekonomis.
7. Material yang akan dianalisa diasumsikan belum terdapat *crack* atau cacat lainnya sampai material tersebut terdapat *initial crack*.
8. Tidak dilakukan pengujian material di Laboratorium.
9. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan MSC Patran.
10. Analisa model dilakukan dengan menggunakan MSC Nastran.
11. Hasil kelelahan material berdasarkan hasil analisa model di MSC Nastran.

1.3 Tujuan Penulisan

1. Mengetahui kekuatan konstruksi *main deck* sebagai penumpu *towing winch* pada kapal OSV. GO PERSEUS.
2. Mengetahui *Safety Factor* konstruksi *main deck* sebagai penumpu *towing winch* pada kapal tersebut.
3. Menemukan alternative desain struktur *deck* sebagai penumpu *towing winch* yang lebih optimal namun memiliki tegangan yang diijinkan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kapal *Anchor Handling Tug Supply*

Anchor Handling Tug Supply (AHTS) merupakan jenis kapal yang dirancang khusus untuk melayani pekerjaan - pekerjaan eksplorasi dilepas pantai atau *offshore*. Kapal *Anchor Handling Tug Supply* ini mempunyai ciri khusus seperti badan kapal kecil dengan daya mesin induk yang besar, sistem propeller ganda dan dilengkapi dengan alat bantu manuver untuk mempertahankan posisi (Bow Thruster, Stern Thruster, dan Azimuth Thruster). Perlengkapan kerja lainnya berupa *Anchor*, *Towing Winch Engine* dan perlengkapan tangki – tangki untuk mutan curah (*Bulk Material Tank*) dan perlengkapan – perlengkapan lain yang sewaktu-waktu bisa berubah. Di beberapa kasus, AHTS

vessel juga difungsikan sebagai kapal penyelamat darurat atau *Emergency Rescue and Recovery Vessel (ERRV)*, dari segi sistem AHTS *vessel* dilengkapi dengan *double winches* (derek) sebagai penarik dan penanganan jangkar, juga memiliki buritan terbuka yang dilengkapi dengan *roller* yang memungkinkan untuk penarikan dan menempatkan jangkar ke *deck*.

2.2 Safety Factor

Tegangan dikalikan luas sama dengan gaya, maka tegangan ijin dari ultimat dapat diubah dalam bentuk gaya atau beban yang diijinkan dan ultimat yang dapat ditahan oleh sebuah batang. Suatu perbandingan (ratio) yang penting dapat ditulis :

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

2.3 Tegangan

Suatu tegangan pada sebuah titik, secara matematis didefinisikan sebagai:

$$\sigma = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta A}$$

dimana F adalah suatu gaya yang bekerja tegak lurus terhadap potongan, sedangkan A merupakan luasan yang bersangkutan. Tegangan normal yang menghasilkan tarikan (*traction* atau *tension*) pada permukaan sebuah potongan biasa kita sebut tegangan tarik (*tensile stress*). Di pihak lain, tegangan normal yang mendorong potongan tersebut disebut tegangan tekan (*compressive stress*).

Komponen yang lain dari intensitas gaya yang bekerja sejajar dengan bidang dari luas elementer. Komponen intensitas gaya ini disebut tegangan geser (*shearing stress*).

$$\tau = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta V}{\Delta A} \quad [6]$$

dimana A menyatakan luasan sedangkan V adalah komponen gaya yang sejajar dengan potongan. Perlu kita perhatikan bahwa definisi-definisi dari tegangan-tegangan ini pada sebuah titik adalah mencakup konsep pengambilan $\Delta A \rightarrow 0$ dan akan dapat merupakan pertanyaan pula bila ditinjau dari segi atomik. Bagaimanapun, model yang homogen yang ditunjukkan oleh persamaan-persamaan ini telah merupakan pendekatan yang baik terhadap keadaan yang bukan homogen dari tingkat makroskopis.

2.3 Geladak sebagai Penumpu Towing Winch

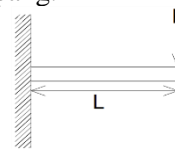
Kapal-kapal Anchor Handling Tug Supply (AHTS) menggunakan geladak utama sebagai bagian yang menjadi penumpu mesin penarik jangkar (Towing Winch). Dibutuhkan konstruksi khusus untuk menghasilkan kekuatan yang baik dalam menopang beban yang diakibatkan kinerja Towing Winch (beban tarik) maupun beban dari luar kapal (*sagging dan hooping*).

2.4 Deformasi pada Kantilever

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 :

$$V_{max} = \frac{PL^3}{3EI} \quad [3]$$

Dimana : P = tekanan, I= momen inersia, E=modulus elastisitas, Vmax=deformasi ujung, L= panjang penampang.



Gambar 1. Deformasi Kantilever

2.5 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. [6]

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 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 Pelat
2. Teori Metode Elemen Hingga
3. Rules BKI Vol.II 2014
4. Software MSC Patran
5. Software MSC Nastran

3.2 Studi Lapangan

Pengambilan data kapal baik ukuran maupun gambar *Linesplan*, rencana umum, profil, bukaan kulit, penampang melintang *Anchor Handling Tug Supply* dilakukan di Det Norske Veritas – Germanischer Lloyd (DNV-GL), Batam.

3.3 Pengolahan Data

Pengolahan data dimulai setelah semua data yang di butuhkan diperoleh, kemudian data tersebut dikumpulkan dan diolah agar dapat mempermudah dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini. Pengolahan data dimulai dengan tahapan sebagai berikut:

- Pembuatan Model Main Deck dan Penumpu Towing Winch

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

- Pembebanan

Hasil model tersebut diberi beban dan gaya-gaya yang mempengaruhi kelelahan material dengan menggunakan software MSC Patran. Untuk Test Load mengacu pada beban yang disyaratkan pada aturan BKI Vol.2 tahun 2014.

- Analisa Kekuatan Konstruksi

Setelah diketahui pembebanan dan titik rawannya kemudian di analisa kekuatan menggunakan MSC nastran.

3.5 Penyajian Data Hasil Pengolahan Data

Semua hasil pengolahan data berupa gambar, grafik, serta perhitungan yang diperoleh hasil dari proses tersebut, kemudian dilakukan pengelompokkan agar mudah dalam penyusunan laporan.

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, grafik, serta perhitungan yang diperoleh dan telah dikelompokkan maka kemudian dilakukan proses analisa kelelahan material. Proses analisa yang dilakukan tetap

mengacu pada teori dan literatur (pustaka) yang ada.

3.7 Validasi

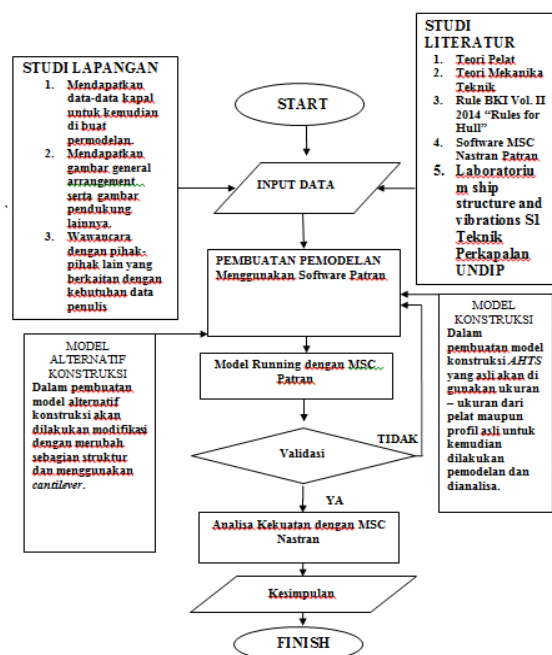
Validasi adalah tahapan untuk memperoleh gambaran apakah hasil analisa telah sesuai (*match*) dengan sistem yang diwakilinya (*representativeness*). Proses validasi ini bisa dijadikan parameter apakah hasil analisa yang sudah kita lakukan mendekati benar atau salah, validasi bisa dengan menggunakan *software* lain ataupun dengan cara manual.

3.8 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.

3.9 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 2. Flowchart Alur Penelitian Tugas Akhir

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Kapal

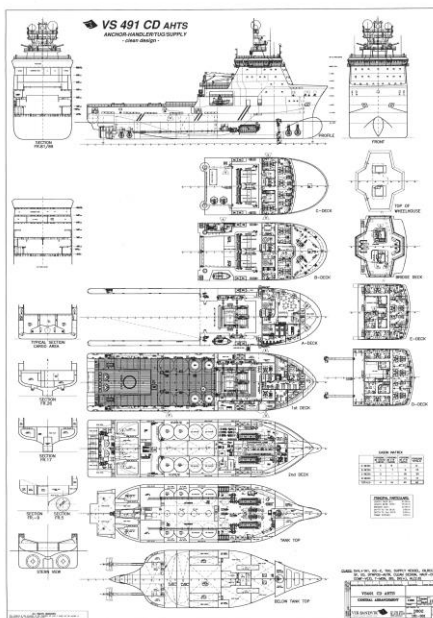
Ship Name : OSV. GO PERSEUS

Ship Type : Anchor Handling Tug Supply

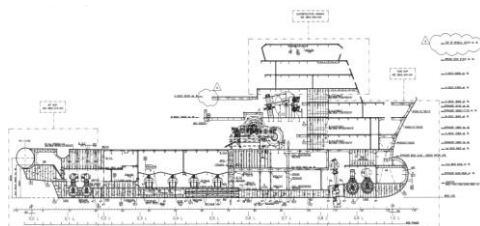
Class : Det Norske Veritas – Germanischer Lloyd

Main Dimension :

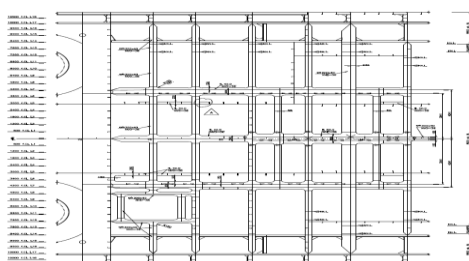
Length Over All	= 91 m
Length Between Perpendiculars	= 79,35 m
Breadth Moulded	= 22 m
Depth Moulded	= 9,60 m
Draft	= 8,00 m
Cb	= 0,726



Gambar 3. Kapal Anchor Handling Tug Supply OSV. GO PERSEUS



Gambar 4. Rencana Profil Kapal OSV. Go Perseus



Gambar 5. Detail Deck Plan pada Main Deck yang digunakan sebagai penumpu Towing Winch

4.2 Pendefinisian Beban

Beban yang diterima oleh kapal *Anchor Handling Tug Supply* adalah beban statis yang diasumsikan berasal dari beban jangkar dan rantai yang diangkut. Input properti pembebanan yang dimasukkan pada program numerik MSC Nastran Patran bersifat tetap, sebab analisa yang digunakan adalah *static analysis*. Adapun macam - macam beban yang bekerja pada kapal antara lain:

1. Beban statis, beban yang berubah apabila berat total kapal berubah, sebagai akibat kegiatan bongkar muat, pemakaian bahan bakar, atau perubahan kapal itu sendiri. Pembebanan statis merupakan jenis pembebanan yang bersifat tetap, dalam hal ini adalah pembebanan dengan asumsi besarnya tidak berubah.
2. Beban dinamis, beban yang besarnya berubah terhadap waktu dengan frekuensi tertentu yang menimbulkan respon getaran terhadap struktur kapal.
3. Beban tumbuk, beban yang terjadi akibat slamming atau pukulan gelombang pada lunas, haluan, atau bagian kapal lainnya termasuk masuknya air diatas geladak.[6]

4.3 Variasi Pembebanan

Asumsi pembebanan kapal *Anchor Handling Tug Supply* berasal dari *Towing Winch*, berat rantai jangkar dan berat muatan. Untuk beban (*load*) yang diinputkan pada model diasumsikan sebagai berikut :

- *Tugger Winch* = 25000 kg ~ 25 ton
- *Towing Wire* = 4000 kg ~ 4 ton
- *Tugger Winch* + *Towing Wire* = 29000 kg ~ 29ton

Berat pembebanan dihitung menggunakan rumus : $W = m \times g$ [4]

Sehingga didapat berat masing – masing kondisi pembebanan sebagai berikut :

- Beban *Towing Winch* (W_{TW}) = 245 kN
- Beban *Towing Winch* + *Towing Wire* (W_{TWW}) = 284,49 kN
- Beban tarik *Towing Winch* = 98450 kN

Beban pondasi *winch* yang dihasilkan dari berat *towing winch* yang di distribusikan sesuai dengan rancangan umum *towing winch* terhadap luasan pondasi *winch* yang dikenai beban *towing winch* pada kapal OSV. Go Perseus. Jumlah pondasi yang menopang *winch* ada sebanyak 6 buah, luas pondasi di defenisikan sebagai berikut :

- Pad A = 0,80 m x 0,30 m = 0,24 m²
 - Pad B = 0,60 m x 0,40 m = 0,24 m²
 - Pad C = 0,80 m x 0,30 m = 0,24 m²
- Tekanan pada tiap tumpuan, pada kondisi :
- Winch Load = 222.26 kN/m²
 - Beban Tarik = 76914,0625 kN/m²

4.4 Beban Sagging dan Hogging

Dari tabel momen diketahui M_{max} pada saat *sagging* dan *hogging*, dengan I_{na} model = 3348897602 cm⁴, dan $Y_{deck} = 299,7554248$ cm.

$$W_{deck} = I_{na} / Y_{deck}$$

$$\sigma = M_{max} / W_{deck}$$

Tabel 1. Besar Tekanan Sagging dan Hogging

Jenis Pembebanan	Max Stress
Sagging	21,60364582 N/mm ²
Hogging	-10,6380684 N/mm ²

4.5 Perhitungan Re-framing Konstruksi Deck

Modulus balok geladak besar dihitung berdasarkan rumus BKI 2014 Volume II Section 10.B.3.1.

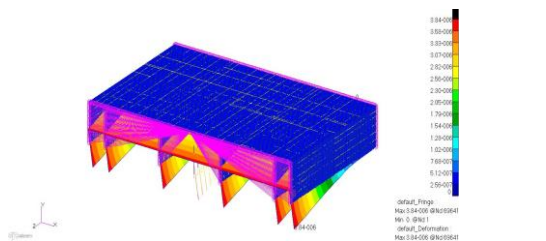
$$W = c \cdot e \cdot I_2 \cdot PD \cdot k \quad (\text{cm}^3) [1]$$

$$= 43756,46 \text{ cm}^3$$

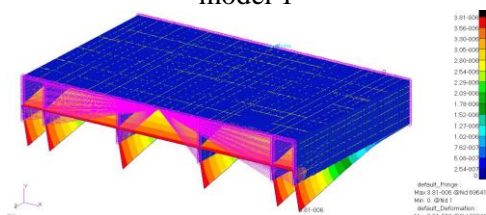
Profil yang direncanakan T 800 x 60 FP 820 x 60

4.5 Validasi Model

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.



Gambar 6. Hasil analisa menggunakan software model 1



Gambar 7. Hasil analisa menggunakan software model 2

Tabel 2. Validasi Perhitungan Deformasi

Software	Mekanika Teknik	Presentase Validitas
$3,84 \times 10^{-6}$	3.81168×10^{-6}	99,26 %
$3,81 \times 10^{-6}$	3.72694×10^{-6}	97,82%

4.6 Analisa Kekuatan

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

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

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 ini adalah baja standar. Dimana kriteria bahan baja tersebut adalah

- *Modulus Elasticity* = 2.1E+011
- *Shear Modulus* = 8E+010
- *Poisson's Ratio* = 0.30
- *Density* = 7.850

3. Proses Meshing

Proses *meshing* adalah proses dimana model dibuat menjadi kumpulan nodal elemen hingga dengan ukuran yang lebih kecil dan saling terhubung. Karena konstruksi deck sangat kompleks. Meshing ditentukan dengan SIZE Element edge length 0,1, dengan parameter semakin kecil SIZE maka meshing akan semakin detail, semakin besar SIZE maka meshing akan semakin kurang detail.

4. Penentuan Kondisi Batas (Boundary Condition)

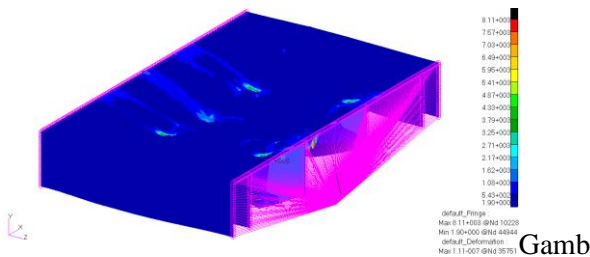
Kondisi batas digunakan untuk menentukan bentuk tumpuan dari objek yang dianalisa. Maka ditentukan kondisi batas jepit dengan menggunakan displacement.

5. Pemberikan gaya tekan beban per satuan luas. Pemberian gaya Tekan per satuan luas bertujuan untuk memberi beban sesuai pada kondisi ketika model struktur menerima sejumlah tekanan per satuan luas akibat proses pembebanan sesuai dengan proses analisa yang diinginkan, pemberian beban sesuai pada sesuai pada kondisi yang ada pada rancangan umum.

6. *General Postprocessing*, 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 Hasil Analisa

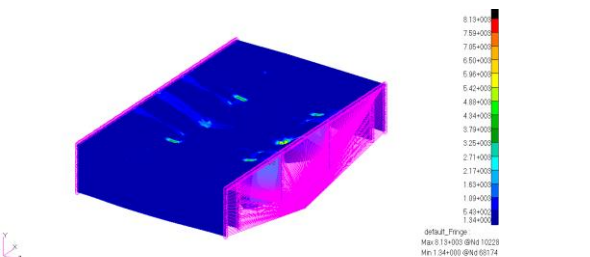
a. Pembebanan pada *Winch Load* model 1



Gambar 17. Letak *hotspot stress* kondisi *winch load* pada model 1

Hasil analisa yang diperoleh dari konstruksi *main deck* kondisi *winch load* pada model 1 nilai *maximum stress* yang terjadi terdapat pada node 22690 (*hotspot stress*) dengan nilai sebesar 0,00811 N/mm².

c. Pembebanan pada *Winch Load* model 2

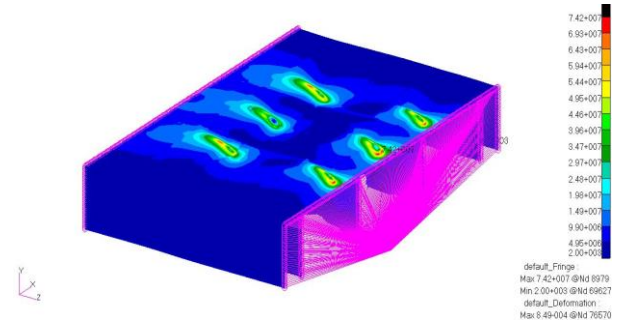


Gambar 18. Letak *hotspot stress* kondisi *winch load* pada model 2

Hasil analisa yang diperoleh dari konstruksi *main deck* kondisi *winch load* pada model 2 nilai

maximum stress yang terjadi terdapat pada node 22690 (*hotspot stress*) dengan nilai sebesar 0,0084 N/mm².

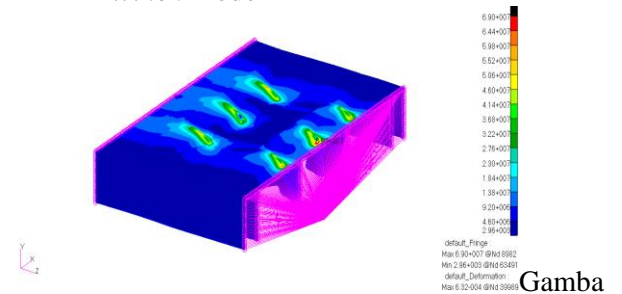
c. Pembebanan pada beban operasional tarik *Winch* model 1



Gambar 19. Letak *hotspot stress* kondisi beban tarik pada model 1

Hasil analisa yang diperoleh dari konstruksi *main deck* kondisi beban tarik pada model 1 nilai *maximum stress* yang terjadi terdapat pada node 22690 (*hotspot stress*) dengan nilai sebesar 2,81 N/mm².

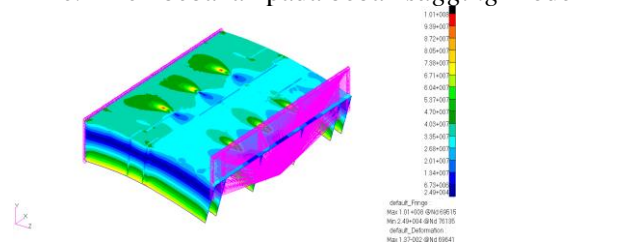
d. Pembebanan pada beban operasional tarik *Winch* model 2



Gambar 20. Letak *hotspot stress* kondisi beban tarik pada model 2

Hasil analisa yang diperoleh dari konstruksi *main deck* kondisi beban tarik pada model 2 nilai *maximum stress* yang terjadi terdapat pada node 22690 (*hotspot stress*) dengan nilai sebesar 2,82 N/mm².

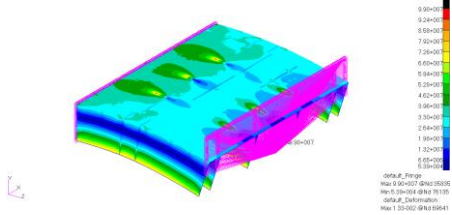
e. Pembebanan pada beban *sagging* model 1



Gambar 21. Letak *hotspot stress* kondisi beban *sagging* pada model 1

Hasil analisa yang diperoleh dari konstruksi *main deck* kondisi beban *sagging* pada model 1 nilai *maximum stress* yang terjadi terdapat pada node 53805 (*hotspot stress*) dengan nilai sebesar 51,5 N/mm².

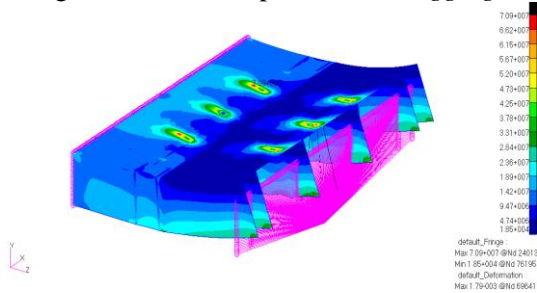
f. Pembebanan pada beban *sagging* model 2



Gambar 22. Letak *hotspot stress* kondisi beban *sagging* pada model 2

Hasil analisa yang diperoleh dari konstruksi *main deck* kondisi beban *sagging* pada model 2 nilai *maximum stress* yang terjadi terdapat pada node 53781 (*hotspot stress*) dengan nilai sebesar 45,3 N/mm²

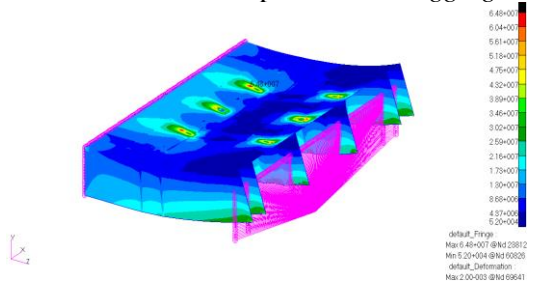
g. Pembebanan pada beban *hogging* model 1



Gambar 23. Letak *hotspot stress* kondisi beban *hogging* pada model 1

Hasil analisa yang diperoleh dari konstruksi *main deck* kondisi beban *hogging* pada model 2 nilai *maximum stress* yang terjadi terdapat pada node 53805 (*hotspot stress*) dengan nilai sebesar 26,2 N/mm².

h. Pembebanan pada beban *hogging* model 2



Gambar 24. Letak *hotspot stress* kondisi beban *hogging* pada model 2

Hasil analisa yang diperoleh dari konstruksi *main deck* kondisi beban *hogging* pada model 2 nilai *maximum stress* yang terjadi terdapat pada

node 53781 (*hotspot stress*) dengan nilai sebesar 23,0 N/mm².

Tabel 4. Rekapitulasi hasil semua pembebanan

No	Jenis Variasi Pembebanan	Maximum Stress (Pa)
1	Kondisi <i>Winch Load</i> 1	8,11 x 10 ³
2	Kondisi <i>Winch Load</i> 2	8,12 x 10 ³
3	Kondisi beban tarik 1	2,81 x 10 ⁶
4	Kondisi beban tarik 2	2,82 x 10 ⁶
5	Kondisi <i>sagging</i> 1	5,15 x 10 ⁷
6	Kondisi <i>sagging</i> 2	4,53 x 10 ⁷
7	Kondisi <i>hogging</i> 1	2,62 x 10 ⁷
8	Kondisi <i>hogging</i> 2	2,30 x 10 ⁷

4.7 Analisa Safety Factor

Syarat *factor safety* pada pengukuran ini nilainya harus lebih dari 1.

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Analisa dan Perhitungan *Safety Factor* Menurut Kriteria

No	beban	Bahan	σ_{max} (N/m ²)	FS	Ket
1	<i>Winch Load</i> 1		0,00811	28976,57	Aman
2	<i>Winch Load</i> 2		0,00813	28905,28	Aman
3	beban tarik 1		74,2	3,16	Aman
4	beban tarik 2		69,0	3,40	Aman
5	<i>sagging</i> 1		101	2,32	Aman
6	<i>sagging</i> 2		99	2,37	Aman
7	<i>hogging</i> 1		70,9	3,31	Aman
8	<i>hogging</i> 2		64,8	3,62	Aman

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Analisa dan Perhitungan *Safety Factor* Menurut Kriteria BKI

No	beban	Bahan	σ_{max} (N/m ²)	FS	Ket
1	<i>Winch Load</i> 1		0,00811	23427,86	Aman
2	<i>Winch Load</i> 2		0,00813	23370,23	Aman
3	beban tarik 1		74,2	2,56	Aman
4	beban tarik 2		69,0	2,75	Aman
5	<i>sagging</i> 1		101	1,88	Aman
6	<i>sagging</i> 2		99	1,91	Aman
7	<i>hogging</i> 1		70,9	2,67	Aman
8	<i>hogging</i> 2		64,8	2,93	Aman

Berdasarkan kedua hasil perhitungan *Safety Factor* yaitu menurut kriteria bahan dan standard BKI tersebut dapat disimpulkan bahwa konstruksi *main deck* dinyatakan aman dalam pembebanan *winch load*, beban tarik terhadap jangkar, *sagging*, dan *hogging* karena memenuhi syarat memiliki nilai *safety factor* lebih dari 1.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari analisa kekuatan konstruksi modifikasi *main deck* pada kapal *Anchor Handling Tug Supply (AHTS)* akibat adanya penggantian profil dengan menggunakan program MSC.PATRAN dan MSC. Nastran dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. *Maximum stress* terbesar terjadi pada konstruksi *main deck* lama pada kapal *Anchor Handling Tug Supply (AHTS)* dengan variasi kondisi pembebanan adalah sebagai berikut :
 - a. Kondisi *winch load* dengan *stress* sebesar $0,00811 \text{ N/mm}^2$ dimana daerah paling kritis terjadi pada *node 10228* *safety factor* 28976,57 untuk kriteria bahan dan 23427,86 untuk kriteria BKI.
 - b. Kondisi beban operasional tarik *winch* terhadap jangkar dengan *stress* sebesar $74,2 \text{ N/mm}^2$ dimana daerah paling kritis terjadi pada *node 8979* *safety factor* 3,16 untuk kriteria bahan dan 2,56 untuk kriteria BKI.
 - c. Kondisi *Sagging* dengan *stress* sebesar 101 N/mm^2 dimana daerah paling kritis terjadi pada *node 69515* *safety factor* 2,32 untuk kriteria bahan dan 1,88 untuk kriteria BKI.
 - d. Kondisi *Hogging* dengan *stress* sebesar $70,9 \text{ N/mm}^2$ dimana daerah paling kritis terjadi pada *node 24013* *safety factor* 3,31 untuk kriteria bahan dan 2,67 untuk kriteria BKI.
2. Nilai karakteristik tegangan maksimal yang terjadi pada konstruksi *main deck* baru pada kapal *Anchor Handling Tug Supply (AHTS)* dengan variasi kondisi pembebanan adalah sebagai berikut :
 - a. Kondisi *winch load* dengan *stress* sebesar $0,00813 \text{ N/mm}^2$ dimana daerah paling kritis terjadi pada *node 102228* dengan nilai *safety factor* 28905,28 untuk standard bahan dan 23370,23 untuk kriteria BKI.
 - b. Kondisi beban operasional tarik *winch* dengan *stress* sebesar $69,0 \text{ N/mm}^2$ dimana daerah paling kritis terjadi pada *node 8982* *safety factor* 3,30 untuk kriteria bahan dan 2,75 untuk kriteria BKI.
 - c. Kondisi *Sagging* dengan *stress* sebesar $99,0 \text{ N/mm}^2$ dimana daerah paling kritis terjadi pada *node 35835* *safety factor* 2,37 untuk kriteria bahan dan 1,91 untuk kriteria BKI.
 - d. Kondisi *Hogging* dengan *stress* sebesar $64,8 \text{ N/mm}^2$ dimana daerah paling kritis terjadi pada *node 23812* *safety factor* 3,62 untuk kriteria bahan dan 2,93 untuk kriteria BKI.

3. *Maximum Stress* untuk setiap kondisi pembebanan pada model 1 dan model 2 dinyatakan aman menurut kriteria bahan dan kriteria BKI karena memiliki nilai *safety factor* diatas 1.

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 GO.PERSEUS untuk mendapatkan nilai batas kekuatan konstruksi material yang akurat.
4. Menggunakan spesifikasi komputer yang tinggi akan membantu memperlancar serta bisa menghemat waktu, ketika pengerjaan dan *running*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Biro Klasifikasi Indonesia. 2015. *BKI 2014 Volume II Rule of Hull*. Jakarta
- [2] Djaya, I., K. 2008. *Teknik Konstruksi Kapal Baja. Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional*
- [3] Eyres D.J. 2001. *Ship Construction 5th Edition*. Butterworth-Heinemann. Oxford
- [4] Mulyatno, I.P., Yudho, Hartono., Aji, M Yaqut Zaki. 2016. *Analisa Kekuatan Modifikasi Main Deck Akibat Penggantian Mooring Winch Pada Kapal Accomodation Work Barge 5640 DWT Dengan Metode Elemen Hingga*. Program Studi S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro. Semarang
- [5] Popov, E.P. 1978. *Mechanics of Material, 2nd edition, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs. New Jersey. USA.*
- [6] Sonief.A.As'ad. (2003), " *Diktat Metode Elemen Hingga* ". Universitas Brawijaya, Malang.