

# ANALISA *FATIGUE* KONTRUKSI MAIN DECK SEBAGAI PENUMPU TOWING HOOK AKIBAT BEBAN TARIK PADA KAPAL TUG BOAT 2 x 800 HP DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

Arif Putra Rizky<sup>1</sup>, Imam Pujo Mulyatno<sup>1</sup>, Sarjito Joko Sisworo<sup>1</sup>

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

Email : [arrakyayikz@gmail.com](mailto:arrakyayikz@gmail.com)

## ABSTRAK

*Kapal TugBoat* adalah sebuah kapal yang fungsinya menarik atau mendorong kapal lainnya. Pada dasarnya *TugBoat* digunakan untuk melayani kapal-kapal besar yang akan bersandar di pelabuhan ataupun dari bersandar di pelabuhan yang akan berlabuh dan juga melayani kapal-kapal pengangkut hasil tambang. Adanya beban tarik terhadap *towing hook* mengakibatkan terjadinya distribusi tegangan terjadi pada daerah sekitar *towing bolder* dan juga konstruksi dibawahnya. Gerakan menarik yang dilakukan kapal *Tugboat* ini dapat menimbulkan kelelahan dan banyak masalah lainnya. Analisa *fatigue* digunakan untuk meninjau daerah *hotspot stress* yang rawan terjadi *crack* pada suatu material. Hasil analisa *fatigue* diambil nilai *stress* terbesar dan diambil nilai siklus terpendek pada setiap variasi pembebanan. Pada penelitian ini menggunakan bantuan *soft ware* MSC Nastran Patran dan MSC Fatigue yang dipergunakan untuk membantu memperoleh hasil tegangan dan *damage* dari suatu konstruksi *main deck* dan penumpu *towing hook*. Setelah proses running dan perhitungan diperoleh hasil umur konstruksi yaitu, kondisi *full loads* didapatkan nilai *strees* sebesar 147 Mpa terletak pada *frame* nomor 17 serta siklus sebanyak  $0,973 \times 10^8$  *cycle* memiliki umur 19,61 tahun. Kondisi *shagging* didapat nilai *stress* sebesar 146 Mpa terletak pada *frame* nomor 17 serta siklus sebesar  $0,973 \times 10^8$  *cycle* memiliki umur 19,61 tahun. Kondisi *Hogging* didapat nilai *strees* sebesar 149 Mpa terletak pada *frame* nomor 17 serta siklus sebesar  $0,973 \times 10^8$  *cycle* memiliki umur 19,61 tahun.

Kata kunci : *Towing hook, fatigue, TugBoat*

## 1. PENDAHULUAN

Transportasi laut merupakan sarana yang sangat penting bagi kelancaran dan kemajuan roda perekonomian bangsa Indonesia Hampir sebagian besar distribusi barang dan personal menggunakan sarana transportasi laut sebagai sarana transportasi utama. Ukuran kapal yang relatif besar tidak jarang menyebabkan kapal sulit untuk memasuki bagian di pelabuhan yang telah disediakan baik untuk proses bongkar muat maupun hanya sekedar bersandar. Oleh karena itu dibutuhkan kapal dengan ukuran relatif kecil dan kuat yang mampu berfungsi untuk membantu menarik kapal besar ketika memasuki kawasan pelabuhan.

Adanya beban tarik yang seolah berubah menjadi *top pressure* terhadap konstruksi *main deck* dan penumpu *towing hook* mengakibatkan terjadinya distribusi tegangan. Gerakan menarik yang dilakukan kapal *Tugboat* ini dapat menimbulkan kelelahan dan banyak masalah lainnya. Maka dari itu dibutuhkan sebuah kapal dengan suatu konstruksi yang mempunyai tingkat tegangan pada batas yang diijinkan yang

diterima oleh konstruksi tersebut. Perencanaan komponen konstruksi kapal harus dapat menjamin suatu struktur tingkat tegangannya tidak pernah lebih, sehingga akan menjaga struktur di bawah daerah elastisitasnya.

Dengan permasalahan yang terdapat pada latar belakang, maka diambil beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Dimana titik paling rawan terjadi kelelahan pada konstruksi tersebut?
2. Berapa *fatigue life* konstruksi pada daerah *hot spot stress* untuk konstruksi tersebut?

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kapal Tug Boat

*TugBoat* adalah suatu 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*. [7]

*TugBoat* adalah sebuah kapal yang fungsinya menarik atau mendorong kapal lainnya. Pada dasarnya *TugBoat* digunakan untuk melayani kapal-kapal besar yang akan bersandar di pelabuhan ataupun dari bersandar di pelabuhan yang akan berlabuh dan juga melayani kapal-kapal pengangkut hasil tambang. *TugBoat* memiliki *maneuver* yang baik sehingga dibutuhkan untuk melayani kapal-kapal tersebut karena kapal-kapal besar *maneuver*nya terbatas dan gelombang yang dihasilkan dapat mengganggu daerah sekitarnya dan medan yang dilalui *TugBoat* biasanya cukup menyulitkan seperti sungai kecil yang berliku dan laut dangkal berkarang hingga laut luas antar pulau besar. [3]

## 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  
 $Low\ DWT = (1.32 \times BHP) - 255.25$
  - Rumus untuk DWT rata – rata  
 $Average\ DWT = (3.43 \times BHP) - 599.18$
  - Rumus untuk DWT tinggi  
 $High\ DWT = (5.57 \times BHP) - 943.10$
- (Sumber : *Propeller Handbook* Dave Geer). [5]

## 2.2 Konsep Pembebanan Pada Analisa Global

Analisa *fracture mechanics* merupakan bentuk analisa lokal dari sebuah struktur. Pembebanan yang bekerja pada analisa ini adalah pembebanan lokal yang diambil dari hasil analisa global suatu suatu struktur secara keseluruhan. Oleh karena itu dibutuhkan pemahaman yang baik mengenai pembebanan secara global bangunan lepas pantai. Pada penelitian ini, pembebanan global untuk beban lingkungan yang ditinjau adalah hanya beban gelombang (dua puncak gelombang pada kedua ujung tanker dan satu puncak gelombang pada mid-ship). [2]

## 2.3 Tegangan (Stress)

Umumnya, gaya dalam yang bekerja pada luas yang kecil tak berhingga sebuah potongan, akan terdiri dari bermacam - macam besaran dan arah. Penguraian intensitas ini pada luas kecil tak berhingga. Intensitas gaya yang tegak lurus atau normal terhadap irisan disebut tegangan normal (*normal stress*) pada sebuah titik.

Suatu tegangan pada sebuah titik, secara matematis dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (1)$$

dimana P adalah suatu gaya yang bekerja tegak lurus terhadap potongan, sedangkan A merupakan luas yang bersangkutan. Selain itu tegangan normal dapat menghasilkan tegangan tarik (*tensile stress*), tegangan tekan (*compressive stress*) dan tegangan geser (*shearing stress*). [6]

## 2.4 Faktor Keamanan

Faktor keamanan adalah faktor yang menunjukkan tingkat kemampuan suatu bahan teknik dari beban 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 desain bagian-bagian struktur tingkat tegangan disebut tegangan ijin (*allowable stress*) dibuat benar-benar lebih rendah daripada kekuatan *ultimate* yang diperoleh dari pengujian “statis”. Ini penting untuk berbagai pertimbangan. Besar gaya yang dapat bekerja pada bangunan yang dirancang jarang diketahui secara pasti. [4]

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 :

$$FS = \frac{\sigma_{Ultimate}}{\sigma_{ijin}} \quad (2)$$

Perbandingan ini disebut faktor keamanan (*factor of safety*) dan harus lebih besar dari satu.

## 2.5 Beban Geladak

Beban geladak cuaca dihitung berdasar perhitungan dari *rules* BKI 2014 vol II. *Sec.* 4.B.1.1 :

$$Pd = P_0 \times \frac{20T}{(10 + Z - T) \times H} \times C_D \quad (4)$$

Dimana :

$P_d$  = Beban Geladak Cuaca

$$C_0 = \left[ \frac{L}{25} \right] + 4,1 \quad (5)$$

$$C_L = \sqrt{\frac{L}{90}} = \text{ untuk } L < 90 \text{ m} \quad (6)$$

$F = 1,0$  faktor kemungkinan, untuk plat kulit dan geladak cuaca

$f = 0,5$  faktor kemungkinan, untuk *frame*, *web frame*, *stringer* dan *grillage*

$C_{RW} = 0,75$  untuk lokal

$$P_0 = 2,1 \times (C_b + 0,7) \times C_0 \times C_L \times f \times C_{RW} \quad (7)$$

$$Z = \frac{2}{3} \times H \text{ (Jarak Vertikal dari pusat beban$$

ke *baseline*) (8)

$$C_{D1} = 1,2 - \frac{x}{L} \text{ (untuk } 0 \leq \frac{x}{L} < 0,2 \text{ pada daerah buritan kapal)} \quad (9)$$

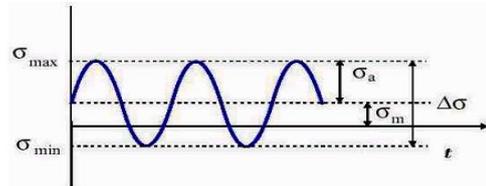
## 2.6 Definisi Kelelahan Material

*Fatigue* adalah kerusakan pada struktur karena sebagai tempat konsentrasi tegangan yang terjadi akibat beban siklis dari lingkungan (gelombang, angin arus dan lain-lain) yang bekerja secara terus menerus. Analisis kekuatan *fatigue* diterapkan pada semua struktur yang secara dominan menerima beban siklis, untuk memastika integritas struktur dan untuk penelian kemungkinan kerusakan akibat *fatigue* sebagai dasar metode inspeksi yang efisien. Gelombang merupakan sumber penyebab terjadinya *fatigue cracking*. Akan tetapi, beban siklis lainnya juga berpengaruh pada *fatigue failure* dan harus diperhitungkan. [2]

## 2.7 Konsep Mekanika Kepecahan

Mekanika kepecahan merupakan salah satu metode matematis yang digunakan untuk mempelajari semua perilaku material dengan menggunakan analisa struktur. Metode ini dikembangkan sebagai kompensasi ketidakcocokan konsep perencanaan dengan menggunakan konsep konvensional yang hanya didasarkan pada sifat-sifat konvensional seperti kekuatan tarik (*tensile strength*), batas mulur (*yield stress*), maupun tegangan mulur

(*buckling stress*), dimana untuk konsep tersebut diatas hanya cocok untuk struktur yang tidak mempunyai cacat. Sedang pada kenyataannya untuk perencanaan suatu konstruksi dimana plat banyak digunakan sebagai komponen utama dalam perencanaan tersebut dapat dianggap memnunvai cacat.



Gambar. 2 Tegangan Siklik

Tegangan amplitudo:

Tegangan amplitudo:

$$S_a = \sigma_a = (\sigma_{\max} - \sigma_{\min}) / 2 \quad (10)$$

Tegangan rata-rata:

$$S_m = \sigma_m = (\sigma_{\max} + \sigma_{\min}) / 2 \quad (11)$$

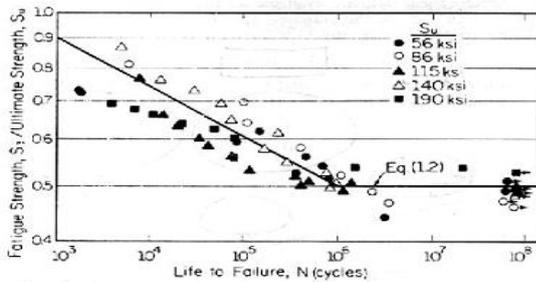
Rasio tegangan:

$$R = \sigma_{\min} / \sigma_{\max} \quad (12)$$

Besarnya tegangan rata-rata yang bekerja akan menentukan terhadap besarnya tegangan amplitudo yang diijinkan untuk mencapai suatu umur lelah tertentu. Bila tegangan rata-rata sama dengan 0 atau rasio tegangan sama dengan -1, maka besarnya tegangan amplitudo yang diijinkan adalah nilai batas lelahnya ( $S_e$ ). Dengan demikian jika tegangan rata-ratanya semakin besar maka tegangan amplitudonya harus diturunkan.

## 2.8 Diagram S-N

Konsep tegangan-siklus (S-N) merupakan pendekatan pertama untuk memahami fenomena kelelahan logam. Konsep ini secara luas dipergunakan dalam aplikasi perancangan material dimana tegangan yang terjadi dalam daerah elastik dan umur lelah cukup panjang. Metoda S-N ini tidak dapat dipakai dalam kondisi sebaliknya (tegangan dalam daerah plastis dan umur lelah relatif pendek), hal ini dapat dilihat pada Gambar 3. Umur lelah yang diperhitungkan dalam metoda S-N ini adalah umur lelah tahap I (inisiasi retak lelah) dan umur lelah II (propagasi retakan). [2]



Gambar. 3 Kurva S-N beberapa baja yang diplot dalam rasio  $S_e/S_u$

## 2.9 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 [1]

## 2.10 Permissible Stress Fatigue

Tegangan ijin untuk perhitungan *Cummulative Damage Ratio* berdasarkan panduan BKI Volume 2 Sec 20 C. B. 2

$$\Delta\sigma_{\max} \leq \Delta\sigma_p$$

$\Delta\sigma_{\max}$  = *Applied strees range peak within Spectrum*

$$\Delta\sigma_p = f_n \times \Delta\sigma_{Rc} \quad (13)$$

$f_n$  = (BKI Volume 2 Sec 20 C. Table 20.2 type E2)

- Correction Factor of fatigue ( $\Delta\sigma_{Rc}$ )

$$\Delta\sigma_{Rc} = f_m \cdot f_r \cdot f_w \cdot f_i \cdot f_t \times \Delta\sigma_R \quad (14)$$

$f_m \cdot f_r \cdot f_w \cdot f_i \cdot f_t$  = (BKI Volume 2 Sec 20 C. B. 3)

$\Delta\sigma_R$  = (BKI Volume 2 Sec 20 C. Table 20.3. E2)

## 2.11 Perkiraan Fatigue

Perhitungan Fatigue dari struktur yang ada pada kapal ini berdasarkan penerapan pada aturan Palmgren - Milner cumulative damage, dimana ketika fatigue damage ratio, DM memiliki nilai lebih dari satu maka dapat dipastikan bahwa struktur tersebut tidak diterima. (*appendix of JTP Common Structural Rules, 2006*).

Nilai DM didapat melalui persamaan berikut:

$$DM = \sum_{i=1}^{n_{tot}} \frac{n_i}{N_i} \quad (15)$$

$n_{tot}$  = total jumlah tegangan

$N_i$  = jumlah siklus

Umur dapat ditentukan dengan persamaan:

$$\text{Fatigue life} = \frac{\text{Design life}}{DM} \times \text{years} \quad (16)$$

Design life = 20 tahun, sesuai aturan DNV  
DM = Cumulative fatigue damage

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Studi Literatur

Mempelajari sistematika perhitungan yang akan dikemukakan di dalam Tugas Akhir dari berbagai referensi baik berupa buku, jurnal, antara lain :

1. Teori Pelat
2. Rules BKI Vol.II 2014
3. Software MSC Patran
4. Software MSC Fatigue

### 3.2 Studi Lapangan

Pengambilan data kapal baik ukuran maupun gambar rencana umum, penulis melakukan tinjauan langsung ke PT. Daya Radar Utama, Jakarta

### 3.3 Pengumpulan Data

Salah satu media untuk penelitian adalah pendekatan software, maka prosedur yang harus dilakukan adalah mempersiapkan data-data teknis untuk kemudian dianalisa. Sebagai langkah awal, untuk pemodelan ruang muat pada kapal adalah sebagai berikut:

- Materi Penelitian

Materi penelitian yang dimaksud dalam penelitian ini meliputi data- data primer yang digunakan.

- Data –data penelitian

Data – data primer yang dikumpulkan antara lain:

1. Ukuran utama kapal :

*Name* = *TugBoat 2 x 800HP*

*Type* = *TugBoat*

*Length Over Al* = 23,50 m

*Length P.P* = 21,68 m

*Bread Moulded* = 3,50 m

*Draught* = 2,40 m

2. Tebal material yang di analisa

Dalam pengambilan data metode yang digunakan :

Metode observasi gambar-gambar teknis yang bertujuan untuk memperoleh data – data yang bersifat primer.

### 3.4 Pengolahan Data

Pengolahan data dimulai dengan tahapan sebagai berikut:

#### - Pembuatan Model

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

#### - Pembebanan

Hasil model kapal tersebut diberi beban dan gaya-gaya yang mempengaruhi kelelahan material dengan menggunakan software MSC Patran.

#### - Analisa Kelelahan Material

Setelah diketahui pembebanan dan titik rawannya kemudian di analisa kelelahannya menggunakan MSC fatigue.

### 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.

### 3.7 Validasi

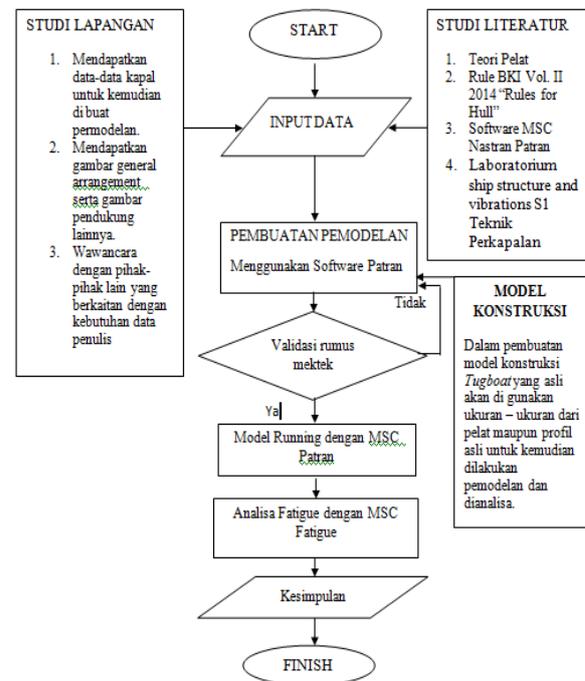
Validasi adalah tahapan untuk memperoleh gambaran apakah hasil analisa telah sesuai (*match*) dengan sistem yang diwakilinya (*representativeness*). Proses validasi ini bisa dijadikan parameter apakah hasil analisa yang sudah kita lakukan mendekati benar atau salah, validasi bisa dengan menggunakan *software*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

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.



Gambar. 3 Diagram Flow Chart

## 4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengantar

Pada bab ini penulis akan memaparkan langkah – langkah dalam membuat simulasi dan pemodelan *main deck* dan penumpu *towing hook* yang kemudian akan dilakukan analisa pada *software MSC Patran* berbasis elemen hingga. Pada awal dilakukan pemodelan ini dibuat dengan menggunakan alat bantu *software MSC Nastran Patran* berbasis metode elemen hingga. Model *main deck* dan penumpu *towing hook* yang telah dibuat dalam alat bantu *software* ini selanjutnya dianalisa pada *software MSC Patran*. Pendefinisian kondisi *main deck* dan penumpu *towing hook* akan didefinisikan dalam beberapa keadaan yaitu tanpa muatan pada keadaan air tenang, muatan penuh, kondisi pada saat *sagging* dan kondisi pada saat *hogging*.

Analisa untuk melihat kelelahan struktur suatu model, dimana titik paling rawan terjadi kelelahan pada konstruksi *main deck* dan penumpu *towing hook*, serta mengetahui nilai *fatigue life* pada daerah *hot spot stress*. Analisa beban dinamis dilakukan karena pembebanan

kontruksi pada *main deck* dan penumpu *towing hook* akibat adanya beban tarik

## 4.2 Perhitungan Beban

Tabel. 1. hasil perhitungan beban tunda

Perhitungan DWT	Hasil (Ton)
Low DWT	1856,75
Average DWT	4888,82
High DWT	7968.90

Dan dalam perhitungan tugas akhir ini digunakan beban *Dead Weight Tonnage* (DWT) sebesar 8006 ton.

Beban pressure yang diinput pada model diasumsikan sebagai berikut :

$$F = (m \times a) \quad (17)$$

Dimana:

F = Gaya (N)

m = Massa (ton)

a = Percepatan (m/s<sup>2</sup>)

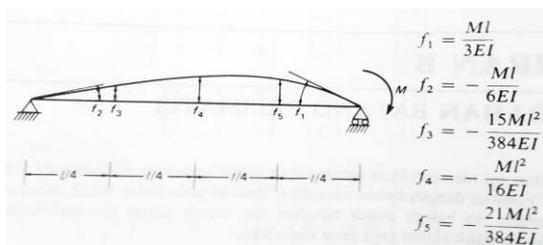
## 4.3 Beban *Sagging* dan *Hogging*

Tabel. 2 Besar Tekanan

Jenis Pembebanan	Max Stress
Kondisi Full loads	31419,94 kN/m <sup>2</sup>
Kondisi Shagging	52,58 N/m <sup>2</sup>
Kondisi Hogging	-102,26 N/m <sup>2</sup>

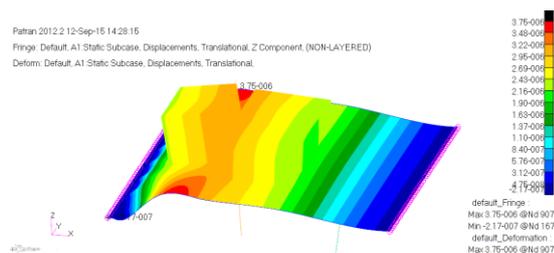
## 4.4 Validasi Model

Untuk dapat dikatakan mendekati benar, maka persentase validasi harus di atas 90% agar nilai tersebut dapat dikatakan valid.



Gambar 4. Rumus Mekanika Teknik Untuk Mencari Deformasi

$$f_4 = \left| -\frac{Ml^2}{16EI} \right| \quad (18)$$



Gambar 6. Validasi Model Software

Tabel 3. Hasil Validasi

Software	Manual	Validasi
$2,43 \times 10^{-6}$	$2,42 \times 10^{-6}$	99%

## 4.5 Analisa Kekuatan dan Kelelahan

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

Dengan dasar rumus:

$$\text{tegangan} = \frac{\text{gaya}}{\text{satuan luas}} \text{ atau } \sigma = \frac{F}{A} \quad (19)$$

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 *internal ramp* ini adalah baja standar. Dimana kriteria bahan baja tersebut adalah :

- o *Modulus Elasticity* =  $2.10 \text{ E}^{11} \text{ Pa}$
- o *Shear Modulus* =  $0,8 \text{ E}^{11} \text{ Pa}$
- o *Poisson's Ratio* = 0.30000001
- o *Density* =  $7.850 \text{ ton/m}^3$

### 3. Proses *Meshing*

Proses *meshing* adalah proses dimana model dibuat menjadi kumpulan nodal elemen hingga yang lebih kecil yang saling terhubung. Karena konstruksi kapal bulk carrier sangat kompleks. *Meshing* ditentukan dengan *SIZE Element edge length* 0,125, 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*.

**Independent Point on aft end :**

Translational (x, y, z) = < -, 0, 0>

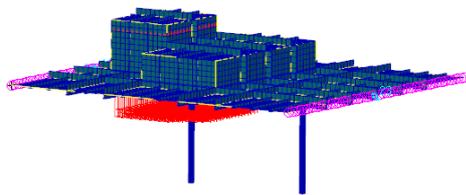
Rotational (x, y, z) = < -, -, - >

**Independent Point on fore end :**

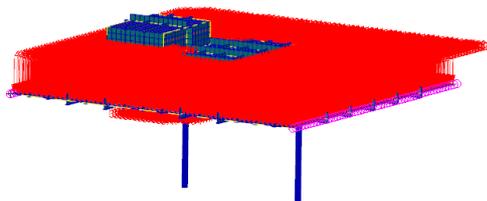
Translational (x, y, z) = < 0, 0, 0>

Rotational (x, y, z) = < 0, -, - >

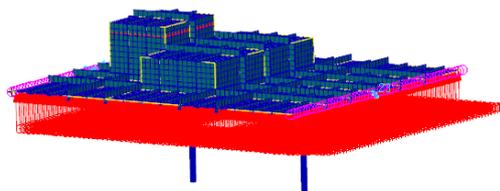
5. Pemberiaan gaya tekan beban per satuan luas hal ini bertujuan untuk memberi beban sesuai pada proses analisa yang diinginkan, pemberian beban sesuai pada yang ada pada lapangan



Gambar 4 Hasil input pressure muatan penuh

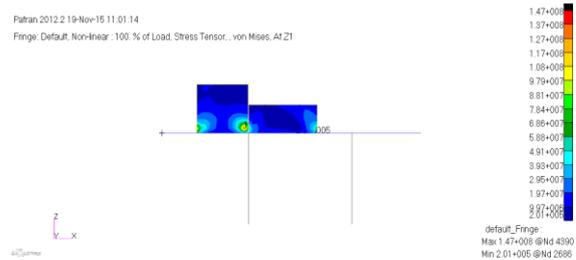


Gambar 5 Hasil input pressure kondisi shagging

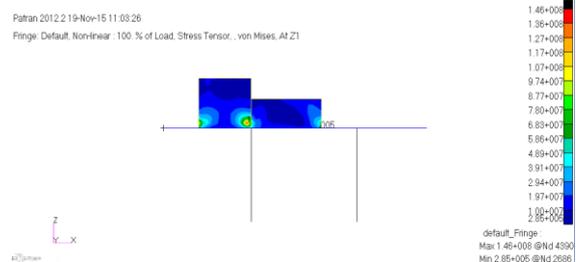


Gambar 6 Hasil input pressure kondisi hogging

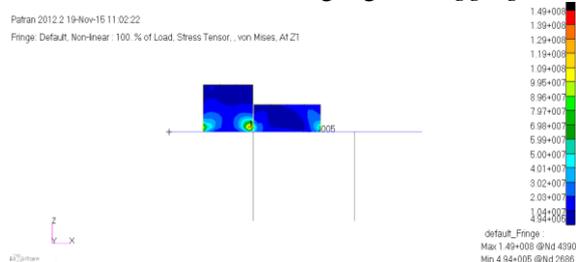
6. *General Post processing*, Dalam tahap *post processing* akan dapat diketahui hasil dari running perhitungan *software* sesuai dengan masing-masing kejadian Variasi pembebanan. Nantinya didapatkan hasil *stress* tertinggi dan lokasi *hotspot stress*



Gambar 7 Hasil analisa tegangan (full loads)



Gambar 8 Hasil analisa tegangan shagging



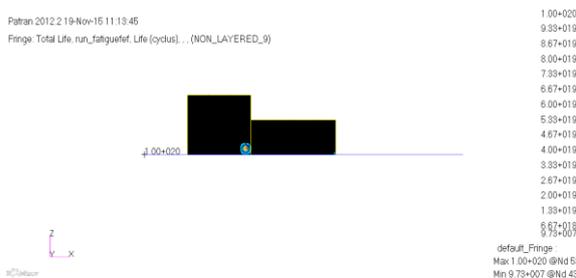
Gambar 9 Hasil analisa tegangan hogging

Semua variasi pembebanan dirunning untuk mengetahui tegangan maksimum pada setiap variasi pembebanan. Nilai stress kemudian diruning menggunakan MSC Fatigue untuk mendapatkan nilai siklus

Tabel 4. Rekapitulasi hasil

Jenis Pembebanan	Stress (Pa)
Kondisi Muatan penuh	1,47 x 10 <sup>8</sup>
Kondisi Shagging	1,46 x 10 <sup>8</sup>
Kondisi Hogging	1,49 x 10 <sup>8</sup>

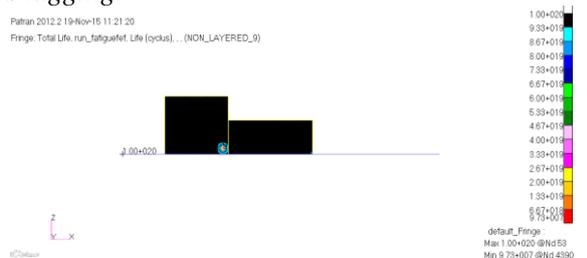
Tahap ini merupakan penyajian dari perhitungan *software*, berisi informasi jumlah siklus yang terjadi pada model yang dibuat.



Gambar 10 Hasil Analisa MSC Fatigue (full loads)



Gambar 11 Hasil Analisa *MSC Fatigue shagging*



Gambar 12 Hasil Analisa *MSC Fatigue hogging*

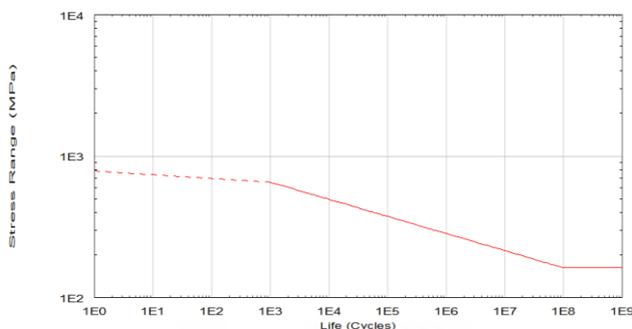
Semua variasi pembebanan dirunning untuk mengetahui siklus terpendek pada setiap variasi pembebanan

Tabel 5 Rekapitulasi hasil siklus

Jenis Pembebanan	Siklus Terpendek
Kondisi Muatan penuh	$0,973 \times 10^8$
Kondisi Shagging	$0,973 \times 10^8$
Kondisi Hogging	$0,973 \times 10^8$

#### 4.6 Kurva S-N

Konsep tegangan-siklus (S-N) merupakan pendekatan pertama untuk memahami fenomena kelelahan logam. Konsep ini secara luas dipergunakan dalam aplikasi perancangan material dimana teganganyang terjadi dalam daerah elastik dan umur lelah cukup panjang. (tegangan dalam daerah plastis dan umur lelah relatif pendek).



Gambar 13 Diagram S-N Hasil Analisa *MSC Fatigue*

#### 4.7 Perhitungan Pembebanan Manual

Tabel 6. Perhitungan pembebanan manual

Jenis Pembebanan	Tegangan Amplitudo	Tegangan Rata-rata
Kondisi Muatan penuh	73,4 MPa	73,6 MPa
Kondisi Shagging	72,8 MPa	73,1 MPa
Kondisi Hogging	74,2 MPa	74,7 MPa

#### 4.8 Perhitungan *Factor Of Safety*

Tabel 7. Perhitungan faktor keamanan menurut kriteria bahan

Jenis Pembebanan	Safety Factor	Kriteria
Kondisi Muatan penuh	1,60	Pass
Kondisi Shagging	1,61	Pass
Kondisi Hogging	1,58	Pass

#### 4.9 Perkiraan Umur kapal

Tahap ini merupakan out put dari analisa menggunakan software yang nantinya didapatkan umur kapal dalam tahun. Perkiraan umur material ini menggunakan rumus dasar:

$$\text{Fatigue life} = \frac{\text{Design life}}{\text{DM}} \times \text{years} \quad (20)$$

Nilai DM yang didapat pada tiap-tiap variasi pembebanan kemudian dimasukkan kedalam rumus perhitungan umur kapal, sehingga didapatkan umur sebagai berikut:

- Muatan penuh 19,61 tahun
- Shagging 19,61 tahun
- Hogging 19,61 tahun

#### PENUTUP

##### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa *fatigue main deck* dan penumpu *towing hook Tug Boat 2 x 800 HP* dengan tiga kondisi pembebanan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Tegangan terbesar yang terjadi pada konstruksi *main deck* dan penumpu *towing hook Tug Boat 2 x 800 HP* dengan kondisi pembebanan 8006 DWT adalah pada saat kondisi Hogging dengan tegangan  $1,49 \times 10^8$  Pa atau 149 Mpa di titik node 4390
- Prediksi Umur kelelahan konstruksi *main deck* dan penumpu *towing hook Tug Boat 2 x 800 HP* dengan kondisi pembebanan 8006 DWT pada saat kondisi Hogging adalah 19,61 Tahun

## 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. Penambahan history siklus kelelahan tiap jam akan lebih memudahkan peneliti dalam menganalisa jika dibanding dengan menggunakan rumus perhitungan perkiraan umur.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alam, M.S. 2005. *Finite element Modeling of Fatigue Crack Growth in Curved-Welded Joints Using Interface Elements*. University of Illinois. Illinois
- [2] Bastian, Jajang. ST. 2011. *Analisa Fatigue Kekuatan Stern Ramp Door akibat Beban Dinamis pada KM. Kirana I dengan Metode Elemen Hingga Diskrit Elemen Segitiga Plane Stress*, Teknik Perkapalan, Universitas Diponegoro
- [3] Djaya, I., K. 2008. *Teknik Konstruksi Kapal Baja*. Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional
- [4] Dwi Yunanto, Wahyu. ST., 2013. *Analisa Kekuatan Konstruksi Car Deck pada Kapal Ropax 5000 GT dengan Metode Elemen Hingga*, Teknik Perkapalan, Universitas Diponegoro
- [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*, 2<sup>nd</sup> edition, Prentice-Hall, Inc.,
- [7] 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