

# ANALISA FATIGUE KONTRUKSI CAR DECK KAPAL MOTOR ZAISAN STAR 411 DWT DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

Moh.Resi Trimulya S<sup>1</sup>, Imam Pujo Mulyatno<sup>1</sup>, Andi Trimulyono<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Jurusan S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Email : [moh.resitrimulya@gmail.com](mailto:moh.resitrimulya@gmail.com)

## Abstrak

*Vehicle vessel* adalah kapal yang dioperasikan untuk menghubungkan 2(dua) Pelabuhan yang dipisahkan oleh Selat. Pada *Vehicle vessel* memiliki *Car deck* adalah komponen struktur konstruksi yang vital karena fungsi untuk muatan kendaraan dengan menopang beban di atasnya. 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 yang dipergunakan untuk membantu memperoleh hasil tegangan dan damage dari suatu konstruksi *car deck*. Pada proses awal pemodelan menggunakan MSC Patran untuk selanjutnya dilakukan *meshing* untuk membagi bidang konstruksi *car deck* menjadi elemen-elemen yang lebih kecil setelah proses *meshing* pemberian variasi pembebanan setiap kondisi adapun kondisi muatan penuh, kondisi *Shagging*, dan kondisi *Hogging*. Setelah Proses *Running* diperoleh hasil *stress*. Kondisi *full loads* didapatkan nilai *stress* sebesar 118 Mpa, siklus sebanyak  $0,98 \times 10^8$  memiliki umur 25,47 tahun. Kondisi *shagging* didapat nilai *stress* sebesar 190 Mpa, siklus sebesar  $0,77 \times 10^8$  memiliki umur 20,10 tahun. Kondisi *Hogging* didapat nilai *stress* sebesar 173 Mpa, siklus sebesar  $0,86 \times 10^8$  memiliki umur 22,34 tahun.

Kata kunci : *Car deck, fatigue, Vehicle vessel*

## Abstract

*Vehicle vessel* is a vessel that is operated to connect two Ports separated by Strait. In *Vehicle vessel* has *Car decks* which is a vital component of the construction structure for the function to load the vehicle with prop load on it. Fatigue analysis is used to review the areas of stress are prone *hotspot crack* in a material. The results of the fatigue analysis is taken largest stress value and taken the shortest cycle value at each loading variations. In this study, using the help of MSC Nastran Patran soft ware that is used to help obtain the results of the voltage and damage of construction suatu *car decks*. At the beginning of the modeling process using MSC Patran for further *meshing* to divide the field of construction of *car decks* into elements smaller after loading variations *prose meshing* giving any conditions as for full load condition, the condition *Shagging*, and *hogging* conditions. Having obtained the stress *Running Processes*. Conditions of stress values obtained full loads of 118 MPa, the cycle as much as  $0,98 \times 10^8$  has a lifespan of 25.47 years. *Shagging* conditions obtained values of 190 MPa stress, the cycle of  $0,77 \times 10^8$  has 20.10 years of age. *Hogging* conditions of stress values obtained at 173 MPa, the cycle of  $0.86 \times 10^8$  has a lifespan of 22,34 years

Keywords: *Car deck, fatigue, Vehicle vessel*

## 1. PENDAHULUAN

Pada zaman sekarang ini mobilitas yang cepat menuntut masyarakat untuk dapat melakukan segala kegiatan sosial secara cepat

tentunya di tunjang dengan alat transportasi yang memadai. Permintaan konsumen yang tinggi tentang alat transportasi menuntut produsen untuk menyediakan permintaan pasar

akan kendaraan bermotor, hal ini yang memberikan peluang terhadap PT. Zaisan citra mandiri melakukan modifikasi kapal general cargo menjadi vehicle carrier yang mengangkut kendaraan bermotor, Pada awalnya KM.Zaisan Star hanya memiliki satu geladak ruang muat untuk oprasionalnya dengan perubahan tujuan oprasional kapal yang kemudian dilakukan modifikasi dengan penambahan geladak di atas geladak utama yang dipergunakan untuk mengangkut muatan sepeda motor dengan harapan dilakukan modifikasi dengan penambahan geladak dapat menampung lebih banyak muatan kendaraan bermotor sehingga dalam oprasional dapat memperoleh profit yang lebih dalam satu kali oprasionalnya, dan pada second deck dengan menutup lubang palkah di jadikan sebagai car deck untuk mengangkut mobi, namun mobil yang dapat di angkut memiliki batasan ketinggian tidak lebih dari 2 meter sehingga dalam oprasional kapal KM.Zaisan star hanya mengangkut mobil, dan motor baru serta memiliki ketinggian kurang dari 2 meter

Namun dengan adanya penambahan deck dan penutupan lubang palkah pada second deck dan deck utama pada KM. Zaisan Star tidak di sertain adanya perubahan profil di bawah deck.

Pada second deck yang dijadikan sebagai car deck dan tidak ada perubahan ukuran profil sehingga perlu adanya peninjauan yang lebih pada konstruksi car deck.

Serta pada peninjauan ini dapat mengetahui apakah tegangan yang di terima oleh cardeck memenuhi persyarata yang terdapat pada rules dan dapat bertahan dalam kurun waktu berapa lama car deck

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Vehicle Vessel (Kapal Ferry)

Vehicle vessel dalah kapal yang dioperasikan untuk menghubungkan 2(dua) Pelabuhan yang dipisahkan oleh Selat. Kapal Ferry selain mengangkut penumpang, juga mengangkut kendaraan bermotor serta cargo yang dipacking didalam kontainer. Dalam rancang bangunnya, setiap deck kapal ferry digunakan untuk muatan yang berbeda-beda, misal : Deck bagian bawah, untuk membawa Mobil/Kendaraan bermotor berikut Cargo. Kendaraan bermotor dan Cargo dimasukkan melalui Ramp Door (Pintu Rampas) dengan sistim Ro-Ro (Roll On – Roll Off) yang

dirancang dibagian haluan kapal atau buritan kapal. [7]

### 2.2 Car Deck (Geladak kendaraan)

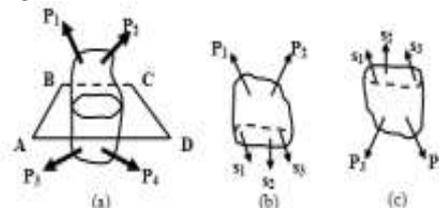
Geladak kendaraan merupakan suatu dek atau geladak pada kapal yang berguna untuk menampung muatan berupa kendaraan, biasanya terdapat pada kapal ferry. Car deck adalah komponen struktur konstruksi yang fital karena perannya yang tidak hanya untuk menampung muatan kendaraan namun juga menopang dek yang ada di atasnya [3]

### 2.3 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]

### 2.4 Tegangan (Stress)

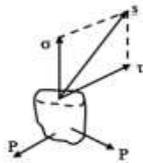
Umumnya, gaya dalam yang bekerja pada luas yang kecil tak berhingga sebuah potongan, akan terdiri dari bermacam - macam besaran dan arah, seperti yang diperlihatkan secara diagramatis dalam Gambar 1 (b) dan (c).



Gambar. 1 Pengirisan sebuah benda

Pada umumnya intensitas gaya yang bekerja pada luas yang kecil tak berhingga suatu potongan berubah - ubah dari suatu titik ke titik lain, umumnya intensitas gaya ini berarah miring pada bidang potongan. Dalam praktek keteknikan biasanya intensitas gaya diuraikan menjadi tegak lurus dan sejajar dengan irisan yang sedang diselidiki. Penguraian intensitas ini pada luas kecil tak berhingga diperlihatkan dalam Gambar 2.

Intensitas gaya yang tegak lurus atau normal terhadap irisan disebut tegangan normal (*normal stress*) pada sebuah titik.



Gambar. 2 Komponen dari tegangan 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]

## 2.5 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. [3]

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. Faktor ini identik dengan perbandingan antara tegangan *ultimate* dengan tegangan ijin batang tarik. Untuk batang-batang dengan tegangan yang lebih rumit, definisi yang lama dapat kita sertakan, meskipun yang kita gunakan sebenarnya adalah perbandingan

tegangan. Dari pembahasan yang berikut akan jelas terlihat bahwa keduanya tidaklah sinonim karena tegangan tidak selalu berbanding linier dengan beban. Pada industri pesawat terbang, istilah faktor keamanan digantikan oleh yang lain yang didefinisikan sebagai :

$$FS = \frac{\text{Beban ultimate}}{\text{Beban desain}} - 1 \quad (3)$$

## 2.6 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

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

$$Z = \frac{2}{3} \times H \text{ (Jarak Vertikal dari pusat beban ke baseline)} \quad (8)$$

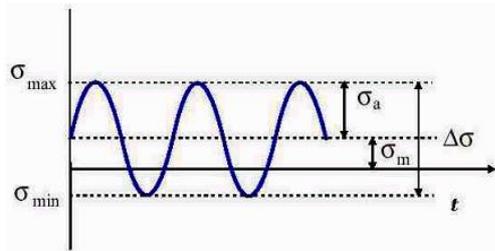
$$C_{D1} = 1,2 - \frac{x}{L} \text{ (untuk } 0 \leq \frac{x}{L} < 0,2 \text{ pada daerah buritan kapal)} \quad (9)$$

## 2.7 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 memastikan 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]

## 2.8 Konsep Mekanika Kepecahan

Mekanika kepecahan merupakan salah satu metode matematis yang digunakan untuk mempelajari semua perilaku material dengan menggunakan analisa struktur. Sedang pada kenyataannya untuk perencanaan suatu konstruksi dimana plat banyak digunakan sebagai komponen utama dalam perencanaan tersebut dapat dianggap mempunyai cacat.[10]



Gambar.3 Tegangan Siklik

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:

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

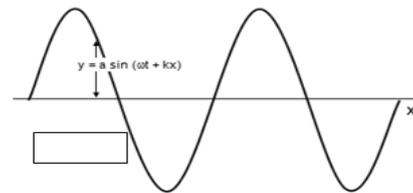
Besarnya tegangan rata-rata yang bekerja akan menentukan terhadap besarnya tegangan amplitudo yang diijinkan untuk mencapai suatu umur lelah tertentu. Bila tegangan rata-rata sama dengan 0 atau rasio tegangan sama dengan -1, maka besarnya tegangan amplitudo yang diijinkan adalah nilai batas lelahnya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

Tabel 1 Persamaan dan koordinat perpotongan pada kuadran ke-1 untuk Goodman dan kriteria kegagalan lainnya

Intersecting Equations	Intersection Coordinates
$\frac{S_b}{S_b} + \frac{S_m}{S_r} = 1$ Load line $r = \frac{S_b}{S_m}$	$S_b = \frac{r S_b S_{Uf}}{r S_{Uf} + S_b}$ $S_m = \frac{S_b}{r}$
$\frac{S_b}{S_y} + \frac{S_m}{S_y} = 1$ Load line $r = \frac{S_b}{S_m}$	$S_b = \frac{r S_y}{1 + r}$ $S_m = \frac{S_y}{1 + r}$
$\frac{S_b}{S_b} + \frac{S_m}{S_r} = 1$ $\frac{S_b}{S_y} + \frac{S_m}{S_y} = 1$	$S_m = \frac{(S_y - S_b) S_{Uf}}{S_{Uf} - S_b}$ $S_b = S_y - S_m, r_{crit} = S_b / S_m$
Fatigue factor of safety $n_f = \frac{1}{\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{Uf}}}$	

## 2.9 Gelombang

Gelombang adalah bentuk dari getaran yang merambat pada suatu medium. Pada gelombang yang merambat adalah gelombangnya, bukan zat medium perantaranya. Satu gelombang dapat dilihat panjangnya dengan menghitung jarak antara lembah dan bukit (gelombang transversal) atau menghitung jarak antara satu rapatan dengan satu renggangan (gelombang longitudinal)



Gambar.4 Gelombang Transversal

Gelombang Jalan dalam arah x positif dengan persamaan:

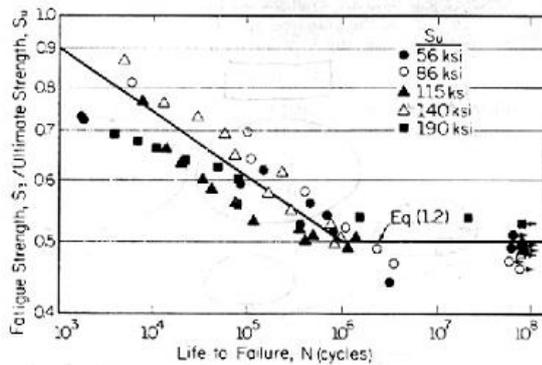
$$\text{Positive x direction : } y = a \sin(\omega t - kx) \quad (13)$$

dan untuk satu perjalanan dalam arah yang berlawanan:

$$\text{Negative x direction : } y = a \sin(\omega t + kx) \quad (14)$$

## 2.10 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 [2]



Gambar. 5 Kurva S-N beberapa baja yang diplot dalam rasio  $S_e/S_u$

### 2.11 Metode Elemen Hingga

Metode yang digunakan dalam tugas akhir yang akan dibuat adalah metode permodelan dan analisis elemen hingga. Metode elemen hingga yang baru-baru ini dikembangkan telah terbukti merupakan perangkat yang canggih untuk analisis perbagai jenis masalah pelat dan struktur konstruksi, karena hasil yang diperoleh lebih disukai daripada penyelesaian teoritis, Metode elemen akhirnya akan menggantikan teknik analisis tegangan eksperimental untuk menentukan kekuatan elemen. Untungnya, koefisien kekakuan elemen yang langsung bisa digunakan umumnya telah tersedia dan memberikan hasil yang cukup tepat. Setelah koefisien kekakuan elemen ditentukan, analisis sistem struktural selanjutnya sama seperti metode matriks yang dipakai dalam mekanika teknik yang sudah ada program komputernya

### 2.12 Perkiraan Fatigue

Perhitungan Fatigue dari struktur car deck 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:

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

Dimana:

$n_{tot}$  = total jumlah tegangan

$N_i$  = jumlah siklus

Setelah nilai fatigue damage diketahui maka umur dapat ditentukan dengan persamaan:

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

Dimana:

Design life = 20 tahun, sesuai aturan DNV untuk car carrier

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, dan lain – lain. Dasar – dasar teori dan referensi yang dijadikan untuk pengolahan data dan membahas data – data penelitian antara lain

### 3.2 Studi Lapangan

Pengambilan data kapal baik ukuran maupun gambar rencana umum, penulis melakukan tinjauan langsung ke PT.BIRO KLASIFIKASI CABANG CIREBON.

### 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 car deck 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 (Lpp, lebar kapal, sarat kapal)

Name = KM.ZAISANSTAR

Type = Vehicle Vessel

Length Over All = 58,50 m

Length P.P = 54,00 m

Bread Moulded = 9.90 m

Draught = 2.87 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 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 Car Deck

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

#### - Pembebanan

Hasil model car deck 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 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 kelelahana 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,

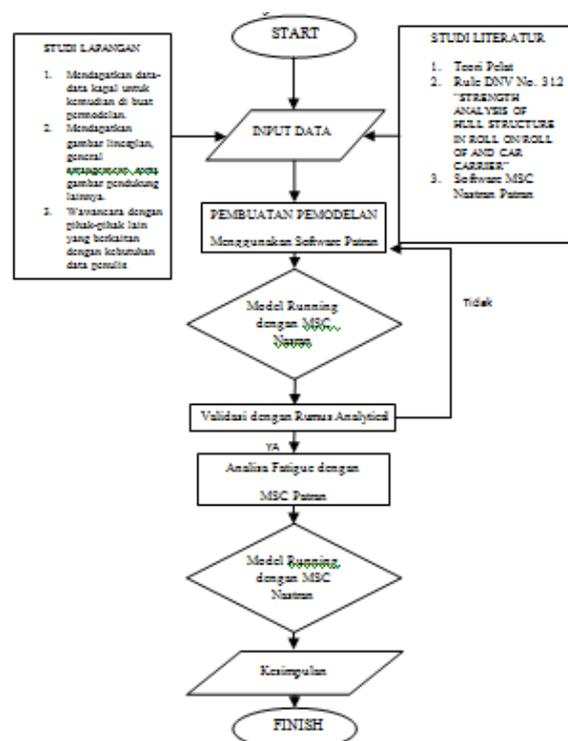
validasi bisa dengan menggunakan *software* lain ataupun dengan cara manual.

### 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

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. 6 Diagram Flow Chart

## 4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengantar

Analisa untuk melihat kelelahan struktur suatu model , dimana titik paling rawan terjadi kelelahan pada kontruksi *car deck* pada KM.Zaisan Star serta mengetahui nilai *fatigue life* pada daerah *hot spot stress*. Analisa beban dinamis dilakukan karena pembebanan kontruksi pada *car deck* akibat perubahan muatan yang tidak sertai adanya perubahan profil di bawahnya.

### 4.2 Pendefinisian Beban

Menghitung besar tekanan internal (muatan mobil) pada tiap-tiap variasi pembebanan

### 4.3 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 bentuk deformasinya

### 4.4 Beban Sagging dan Hogging

Tabel 2 Tekanan

No	Jenis Variasi pembebanan	Maksimum Strees (Pa)
1	Kondisi Muatan penuh	0,0022124 x10 <sup>6</sup>
2	Kondisi Shagging	2,61815 x10 <sup>6</sup>
3	Kondisi Hogging	10,755 x10 <sup>6</sup>

### 4.5 Analisa Kekuatan dan Kelelahan

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

Dengan dasar rumus:

$$\text{tegangan} = \frac{\text{gaya}}{\text{satuan luas}} \text{ atau } \sigma = \frac{F}{A} \quad (17)$$

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. Dimana kriteria bahan baja tersebut adalah :

- *Modulus Elastisity* = 2.06 E<sup>5</sup> Mpa

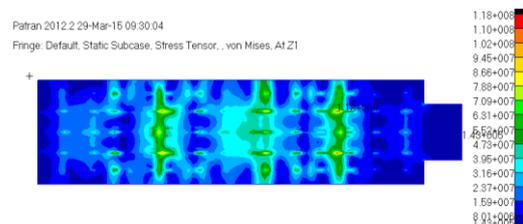
- *Shear Modulus* = 79230.76
- *Poisson's Ratio* = 0.30000001
- *Density* = 7.8499998E-009

3. 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.

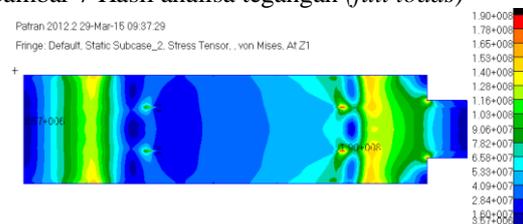
4. Penentuan Kondisi Batas (*Boundary Condition*) Kondisi batas digunakan untuk menentukan bentuk tumpuan dari objek yang dianalisa . Maka ditentukan kondisi batas jepit dengan menggunakan displacement.

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

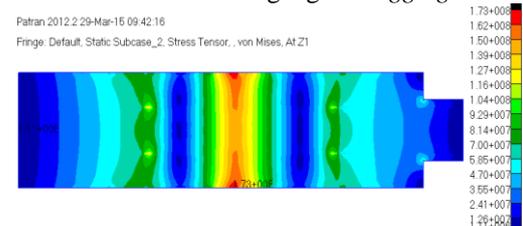
6. *General Post processing*, Dalam tahap *post processing* akan dapat diketahui hasil dari running perhitungan *software* sesuai dengan masing-masing kejadian Variasi pembebanan. Nantinya didapatkan hasil *stress* tertinggi dan lokasi *hotspot stress*



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 dirunning menggunakan MSC Nastran untuk mendapatkan nilai siklus kelelahan material pada hotspot stress.

Tabel 3 Rekapitulasi hasil

No	Jenis Variasi pembebanan	Maksimum Strees (Pa)
1	Kondisi Muatan penuh	$1,18 \times 10^8$
2	Kondisi Shagging	$1,90 \times 10^8$
3	Kondisi Hogging	$1,73 \times 10^8$

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



Gambar 10 Hasil Analisa MSC Nastran (full loads)



Gambar 11 Hasil Analisa MSC Nastran shagging



Gambar 12 Hasil Analisa MSC Nastran hogging

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

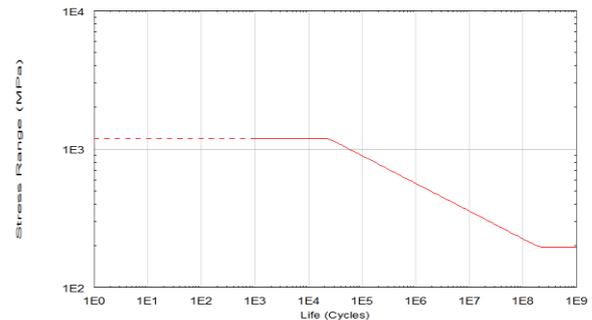
Tabel 4 Rekapitulasi hasil siklus

No	Jenis Variasi pembebanan	Siklus terendah
1	Kondisi Muatan penuh	$0,98 \times 10^8$
2	Kondisi Shagging	$0,77 \times 10^8$

3	Kondisi Hogging	$0,86 \times 10^8$
---	-----------------	--------------------

#### 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 tegangan yang 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 Nastran

#### 4.7 Validasi

Tujuan dari validasi adalah untuk menunjukkan keakuratan dalam perencanaan dan perhitungan dari suatu permodelan

##### a. Validasi Model

Validasi dilakukan setelah pemodelan selesai.

1. Validasi Sebelum Tahap Analisa (*Preprocessor Check*) Validasi ini bertujuan untuk mengetahui apakah model yang sudah dibuat ada masalah atau tidak.
2. Validasi Sesudah Tahap Analisa (*Postprocessor Check*) Validasi ini bertujuan untuk mengetahui apakah ada kesalahan atau *error* setelah model dianalisa.

#### 4.8 Perhitungan Pembebanan Manual

Tabel 5 Rekapitulasi hasil Perhitungan Pembebanan Goodman

No	Jenis Variasi pembebanan	tegangan amplitude ( $\sigma_a$ )	tegangan rata-rata ( $\sigma_m$ )
1	Kondisi muatan penuh	$0,589 \times 10^2$ Mpa	$0,591 \times 10^2$ Mpa
2	Kondisi shagging	$0,933 \times 10^2$ Mpa	$0,968 \times 10^2$ Mpa
3	Kondisi Hogging	$0,859 \times 10^2$ Mpa	$0,870 \times 10^2$ Mpa

#### 4.9 Perhitungan Factor Of Safety

Tabel 6 Rekapitulasi hasil perhitungan safety faktor Goodman

No	Jenis Variasi pembebanan	tegangan amplitude (MPa)	tegangan rata-rata (MPa)	F <sub>s</sub>	Keterangan
1	Kondisi muatan penuh	0,589 x 10 <sup>2</sup>	0,591 x 10 <sup>2</sup>	2,27	Memenuhi
2	Kondisi shagging	0,933 x 10 <sup>2</sup>	0,968 x 10 <sup>2</sup>	1,41	Memenuhi
3	Kondisi Hogging	0,859 x 10 <sup>2</sup>	0,870 x 10 <sup>2</sup>	1,54	Memenuhi

#### 4.10 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:

$$\text{Fatigue life} = \frac{\text{Design life}}{\text{DM}} \times \text{years}$$

Dimana:

Design life = 20 tahun, sesuai DNV Car carrier

DM. = Cumulative fatigue damage

Nilai Dm sendiri didapat dengan dasar rumus sebagai berikut:

$$\text{DM} = \sum_{i=1}^{n_{\text{tot}}} \frac{n_i}{N_i}$$

Dimana:

n<sub>tot</sub> = total jumlah tegangan

N<sub>i</sub> = jumlah siklus

Sehingga di dapat nilai DM dari setiap variasi pembebanan sebagai berikut:

Tabel 7 Rekapitulasi hasil DM

No	Jenis Variasi pembebanan	Maksimum Strees (pa)	DM
1	Kondisi Muatan penuh	1,18 x 10 <sup>8</sup>	0,98 x 10 <sup>8</sup>
2	Kondisi Shagging	1,90 x 10 <sup>8</sup>	0,77 x 10 <sup>8</sup>
3	Kondisi Hogging	1,73 x 10 <sup>8</sup>	0,86 x 10 <sup>8</sup>

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

Tabel 8 Perkiraan Umur kapal

No	Jenis Variasi pembebanan	DM	Umur (tahun)
1	Kondisi Muatan	0,98 x 10 <sup>8</sup>	

	penuh		25,47
2	Kondisi Shagging	0,77 x 10 <sup>8</sup>	20,10
3	Kondisi Hogging	0,86 x 10 <sup>8</sup>	22,34

## 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa fatigue Car deck kapal motor zaisan star 411 DWT diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Tegangan terbesar yang terjadi pada konstruksi car deck kapal motor zaisan star 411 DWT dengan variasi kondisi pembebanan adalah sebagai berikut :

Tabel 9 Perkiraan Umur kapal

No	Jenis Variasi pembebanan	Node	Strees
1	Kondisi Muatan penuh	4503	1,18x10 <sup>8</sup>
2	Kondisi Shagging	9448	1,90x10 <sup>8</sup>
3	Kondisi Hogging	13130	1,73x10 <sup>8</sup>

2. Umur Car deck kapal motor zaisan star 411 DWT dengan variasi kondisi pembebanan adalah sebagai berikut:

Tabel 10 Perkiraan Umur kapal

No	Jenis Variasi pembebanan	DM	Umur (tahun)
1	Kondisi Muatan penuh	0,98	25,47
2	Kondisi Shagging	0,77	20,10
3	Kondisi Hogging	0,86	22,34

Berdasarkan analisa *fatigue* kapal motor zaisan star 411 DWT dengan tiga kondisi pembebanan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Tegangan terbesar yang terjadi pada konstruksi car deck kapal motor zaisan star dengan variasi kondisi pembebanan adalah:
  - a. Muatan penuh 1,18x10<sup>8</sup> Pa
  - b. Shagging 1,90x10<sup>8</sup> Pa
  - c. Hogging 1,73x10<sup>8</sup> Pa
2. Umur car deck kapal motor zaisan star dengan variasi kondisi pembebanan adalah:
  - a. Muatan penuh 25,47 tahun
  - b. Shagging 20,10 tahun
  - c. Hogging 22,34 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] Akuan, Abrianto. ST., MT. 2007. *Kelelahan Logam*. Bandung: Universitas Jenderal Achmad Yani.
- [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] Dwi Yunanto, Wahyu. ST., 2013. *Analisa Kekuatan Konstruksi Car Deck pada Kapal Ropax 5000 GT dengan Metode Elemen Hingga*, Teknik Perkapalan, Universitas Diponegoro
- [4] Sabastian S, Markus ST. 2013. *Analisa Kekuatan Struktur Ruang Muatan Kapal Bulk Carrier SPB Tonasa 8000 Ton Berbasis Metode Elemen Hingga* Teknik Perkapalan, Universitas Diponegoro
- [5] Louhenapessy, Jandri. 2010. *Analisa Kelelahan Material Condylar Prosthesis dari Groningen emporomandibular Joint Prosthesis Menggunakan Metode Elemen Hingga*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- [6] Popov, E. P., 1978, *Mechanics of Material*, 2<sup>nd</sup> edition, Prentice-Hall, Inc.,
- [7] Budi, Afriyanto. 2012. *Macam dan Jenis Kapal dalam Asuransi Rangka Kapal*. akademiasuransi
- [8] Barrass. 1999. *Ship Stability for Mastera and Mates*. Oxford: Elsiever
- [9] Aulia, S, 2005. *Analisa Umur Kelelahan Turbular Joint Tipe T dengan Retak Eliptis pada Chord Menggunakan Metode Elastic Plastic Fracture Mechanics*. Tugas akhir: Jurusan Teknik Kelautan.
- [10] Yanuar, R. *Analisa Resiko Perambatan Retak pada Bottom Plate FPSO dengan Pendekatan Elastic Plastic Fracture Mechanics*. Teknik Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh November
- [11] Goodman J, *Mechanics Applied to Engineering*. London: Longmans; 1899.
- [12] Broek, D. 1987. *Elementary Engineering Fracture Mechanics*. USA: Kluwer Academic Publisher.
- [13] DwiN, Daris. 2014. *Analisa Fatigue Crude Oil Tanker 306507 DWT dengan Metode Elemen Hingga*. Teknik Perkapalan, Universitas Diponegoro
- [14] Bai, Y. 2003. *Marine Structural Design*. Oxford: Elsiever.