



ISSN 2338-0322

# JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

## Analisa *Fatigue* Bentuk Scallop Pada Bangunan Baru Kapal Kontainer 100 Teus Di Galangan Janata Marina Indah

Setiyo Triyanto<sup>1</sup>, Imam Pujo Mulyatno<sup>1</sup>, Muhammad Iqbal<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Email: [tiyokony@gmail.com](mailto:tiyokony@gmail.com)

### Abstrak

Kapal kontainer merupakan alat angkut yang dapat mengangkut peti kemas. Ukuran kapal kontainer biasanya bersatuan Teus. Penelitian dilakukan dengan obyek bangunan baru kapal 100 teus yang di bangun digalangan Janata Marina Indah Semarang. Bagian yang diteliti adalah *scallop* yang merupakan salah satu bagian dari konstruksinya. Data dari penelitan diperoleh berupa Ukuran utama kapal, Rencana Umum (RU), dan ukuran Profil dan tebal plat yang sudah di approved oleh BKI dari galangan. Selain itu analisa yang dilakukan adalah menganalisis *fatigue life* dari *scallop* tersebut. Model *autocad* di konversikan ke *software* MSC Patran dimana pengkonversian dilakukan dengan memasukkan data yang didapat dari *autocad*. Model memiliki 2 variasibentukdengan ukuran bentuk A1 = 400 x 600 mm, dan bentuk A2 = diameter 400 mm sebagai perbandingan dalam penelitian. Model yang dibuat pada *software* MSC.PATRAN di analisa dengan analisa normal mode, jika sudah sempurna maka model sudah bisa di analisa dengan faktor pendukung yang lain. Selain model banyak juga faktor-faktor lain yang harus diinput ke dalam *software* MSC Patran seperti beban, kriteria material dan yang lainnya. Pada perhitungan beban yang telah dihitung didapatkan beban sebesar 45,5696 kN/m<sup>2</sup> dengan menyesuaikan ukuran model maka didapatkan beban sebesar 7814 N. Dengan memasukkan kriteria material seperti modulus elastisitas sebesar 2E+011pa, poisson ratio sebesar 0,3, modulus geser sebesar 8E+010pa dan massa jenis sebesar 7850 kg/m<sup>3</sup>model sudah bisa di *running* dengan *software* MSC Patran untuk mencari tegangan tertinggi. Tegangan maksimal yang didapatkan sebesar 32,4 Mpa untuk model A1 dan 45 Mpa untuk model A2. Selain itu deformasi yang terjadi pada model A1 adalah 7,97 x 10<sup>-5</sup>m dan pada model A2 terjadi deformasi sebesar 1,46 x 10<sup>-4</sup>m. Tegangan maksimal yang didapatkan kemudian di *running* untuk mendapatkan siklus analisa *fatigue life* sehingga didapatkan siklus sebanyak 1 x 10<sup>8</sup> siklus untuk model A1 dan 0,98 x 10<sup>8</sup> untuk model A2. Yang kemudian dihitung untuk mendapatkan *fatigue life* dari *scallop* sebesar 32,35 tahun dan 28,82 tahun.

Kata Kunci: MSC Patran, analisa *fatigue*, *fatigue life*, *scallop*

### 1. PENDAHULUAN

Kapal juga termasuk kedalam alat angkut yang bisa memindahkan banyak barang dalam sekali pengangkutan. Banyak faktor yang dapat mempengaruhi kinerja dan efektifitas kapal. Salah satunya adalah kapal kontainer yang digunakan untuk mengangkut peti kemas. Kapal

kontainer biasanya diukur berdasarkan Teus. Teus merupakan satuan dari kapal kontainer dimana setian 1 teus mewakili satu peti kemas berukuran 20 *feet*. Bangunan baru kapal kontainer 100 teus di galangan Janata Marina Indah adalah obyek yang diteliti oleh penulis. Sehingga bisa ditarik kesimpulan bahwa obyek

yang diteliti penulis dapat mengangkat kontainer sebanyak 100 kontainer berukuran 20 feet.

*Fatigue life* dari kapal. *Fatigue life* pada kapal dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor. Sudah banyak penelitian tentang *fatigue life* salah satunya adalah analisa *fatigue* konstruksi *main deck* sebagai penumpu. Maka dari itu penulis mengambil penelitian tentang salah satu faktor yang mempengaruhi usia ketahanan kapal yaitu *Scallop* [1] yang merupakan salah satu bagian kapal yang dapat mempengaruhi usia ketahanan kapal tersebut.

Pembuatan kapal harus menggunakan bahan material yang tepat agar kinerja kapal bagus dan aman dalam berlayar. Pemilihan bahan material ini mempunyai banyak pengaruh teknis dalam suatu kapal. Salah satu pengaruh teknisnya adalah segi kekuatan material tersebut ketika diberi tekanan dari beban muatan maupun dari tekanan luar (tekanan arus), jika material tersebut diberikan beban secara terus menerus. Material tersebut akan sampai pada titik lelahnya (retak dan patah) sehingga dapat mengganggu kinerja kapal dalam berlayar. Pada semua konstruksi teknik, bagian-bagian pelengkap suatu bangunan konstruksi harus diberi ukuran fisik, hal ini harus diukur dengan tepat untuk menahan gaya-gaya yang sesungguhnya. Untuk menahan gaya-gaya tersebut suatu bahan harus mempunyai ukuran yang cukup memadai, sehingga bagian dari suatu material bahan harus cukup tegar sehingga tidak akan melentur atau melengkung melebihi batas yang diijinkan.

Dengan memperhatikan pada latar belakang maka diambil rumusan masalah sebagai berikut :

1. Menghitung beban total yang diterima *scallop* pada siklus yang dialami.
2. Menghitung *fatigue life* pada *scallop*.

Batasan masalah yang digunakan sebagai arahan serta acuan dalam penulisan tugas akhir ini agar sesuai dengan permasalahan serta tujuan yang diharapkan. Batasan permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Obyek penelitian kapal kontainer 100 teus bangunan baru yang dibuat PT, Janata Marina Indah Semarang.

2. Permodelan dan perhitungan analisa *fatigue* menggunakan alat bantu *software msc patran – nastran*.
3. Material plat diasumsikan isotrop.
4. Hasil tugas akhir ini adalah *fatigue life scallop*.

Sesuai dengan latar belakang dan permasalahan yang dibahas maka penelitian ini mempunyai tujuan. Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui dan memahami permodelan *scallop* dengan aplikasi MSC. Patran –Nastran
2. Mengetahui usia *scallop* dengan analisa *fatigue*.

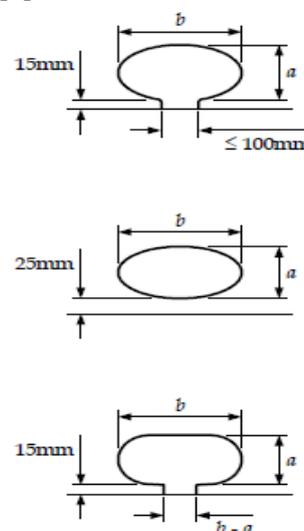
## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kapal kontainer

Kapal yang dimaksud mengangkat barang yang sudah diatur di dalam peti-peti. Muatan peti kemas disamping didalam palkah juga diletakkan diatas dek dengan pengikatan yang kuat, sehingga petikemas tersebut tidak bergeser dari tempatnya semula pada saat berlayar.[2]

### 2.2 Scallop

Terdapat bermacam-macam bagian yang digunakan dalam pembuatan konstruksi kapal kontainer. *Scallop* merupakan salah satu bagian konstruksi yang ada pada kapal kontainer. *Scallop* merupakan lubang yang ada pada *bracket* [3]



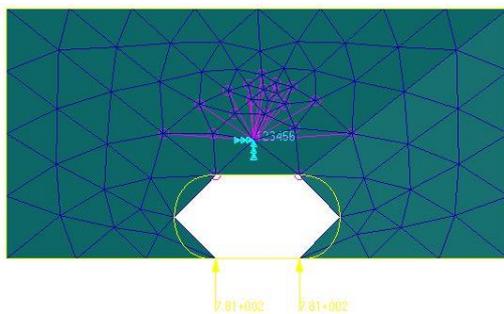
Gambar 1. Bentuk *scallop*

### 2.3 Pemodelan *scallop*

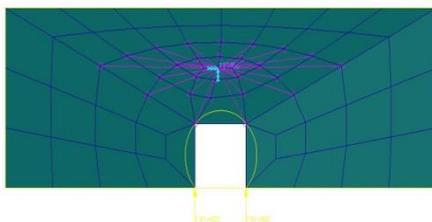
Metode elemen hingga adalah sebuah metode yang menggunakan pendekatan numerik untuk menganalisa sebuah struktur untuk mendapatkan solusi pendekatan dari suatu permasalahan.

Tahapan langkah pembuatan model untuk dianalisa menggunakan metode elemen hingga dapat dijelaskan secara garis besar menjadi sebagai berikut:

1. Pembuatan geometri awal struktur yang akan dianalisa.
2. Penentuan material.
3. Pembuatan proses *meshing*.
4. Proses *equivalence*.
5. Analisa.



Gambar 2. Model *scallop* A1



Gambar 3. Model *scallop* A2

## 2.4 Pembebanan *scallop*

Usia ketahanan kapal dipengaruhi oleh berbagai macam faktor, beban merupakan salah satunya. *Scallop* merupakan bagian dari kapal sehingga *scallop* juga mendapatkan beban seperti kapal tetapi beban yang di dapatkan *scallop* merupakan jenis beban tersier. Dimana beban yang diterima *scallop* adalah beban dari profil *scallop* berada, sehingga didapat perhitungan beban *scallop* sebagai berikut :

$$P(s) = P_o \times C_f \times \left[ \frac{20}{10 + Z - T} \right] Kn/M^2 \quad (1)$$

## 2.5 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. ,metode S-N ini tidak dapat dipakai dalam kondisi sebaliknya (tegangan dalam daerah plastis dan umur lelah relatif pendek).

## 2.6 *Fatigue scallop*

Perhitungan *fatigue* dari *scallop* 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 jelek.

(*appendix of JTP Common Structural Rules for Oil Tanker, 2009*)[4]

Nilai  $DM$  didapat dari persamaan berikut :

$$DM = \frac{N_i}{N_L} \quad (2)$$

Dimana

$N_L$  = total asumsi jumlah siklus yang direncanakan untuk 25 tahun

$N_i$  = jumlah siklus hasil analisa

Nilai  $N_L$  didapatkan dari persamaan berikut :

$$N_L = \frac{0.85 T_L}{4 \text{Log} L} \quad (3)$$

Dimana :

$T_L = 7,884 \times 10^8$

$L$  = Panjang kapal

Umur *Scallop* untuk 25 tahun menurut CSR berkisar antara  $0,6 \times 10^8 - 0,8 \times 10^8$ .

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

$$\text{Fatigue Life} = \frac{\text{Design Life}}{DM} \times \text{tahun} \quad (4)$$

Dimana :

*Design life* = 25 tahun, sesuai aturan CSR

$DM$  = *Cumulative fatigue damage*

Selain persamaan diatas, perkiraan umur *fatigue* juga bisa dihitung dari persamaan berikut :

$$DM_i = \frac{a_i N_L}{K_2} \frac{S_{R_i}^m}{(\ln N_R)^{m/\epsilon}} \mu_i \Gamma \left( 1 + \frac{m}{\epsilon} \right) \quad (5)$$

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam proses penelitian ini dibutuhkan data-data dari objek yang dianalisa. Adapun proses pengambilan data terbagi menjadi beberapa tahap, antara lain :

### 3.1 Studi Literatur

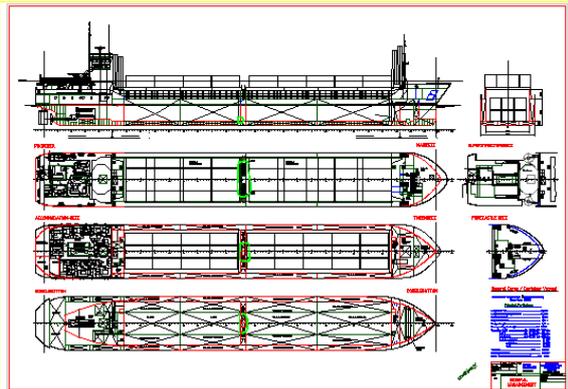
Pengambilan data kapal atas rekomendasi dari dosen pembimbing. Data pendukung lainnya diambil dari internet dan buku yang sudah ada.

### 3.2 Identifikasi Masalah

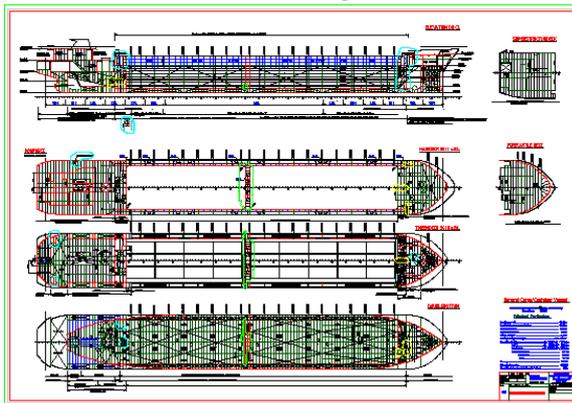
Mencakup tentang : Perumusan masalah dan penetapan tujuan, batas dan asumsi yang berlaku, ruang lingkup masalah, *tools* yang digunakan.

### 3.3 Data Kapal

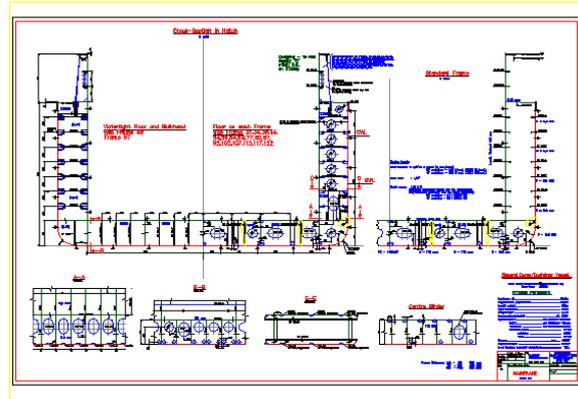
<i>Length over all (Loa)</i>	:	89,60 meter
<i>Lpp</i>	:	84,60 meter
<i>B</i>	:	11,65 meter
<i>H</i>	:	5,800 meter
<i>T</i>	:	4,400 meter
<i>Cb</i>	:	0,86



Gambar 4. *Lines Plan* kapal baru 100 GT



Gambar 5. *Profil Construction* kapal baru 100 GT



Gambar 6. *Midship Section* kapal baru 100 GT

### 3.4 Pengumpulan Data

Pengambilan data dan metode yang digunakan dalam pengumpulan data adalah dengan observasi gambar-gambar teknis yang bertujuan untuk memperoleh data-data yang bersifat primer

### 3.5 Pengolahan Data

Pengolahan dilakukan setelah semua data sudah diperoleh, pada pengerjaan tugas akhir ini pengolahan data dimulai dari :

- a) Pembuatan model *scallop*. Membuat model *scallop* dengan memasukkan data-data dimensi *scallop* sesuai pembagian searah sumbu *x,y,z* menggunakan *software* MSC Patran
- b) Pembebanan. Hasil model *scallop* yang dibuat diberi beban dengan gaya-gaya yang mempengaruhi kelelahan material.
- c) Analisa Kelelahan Material. Analisa kelelahan material dilakukan setelah mengetahui nilai tegangan tertinggi pada model yang sudah di *running*. Nantinya nilai tegangan akan diubah menjadi jumlah siklus material tersebut.

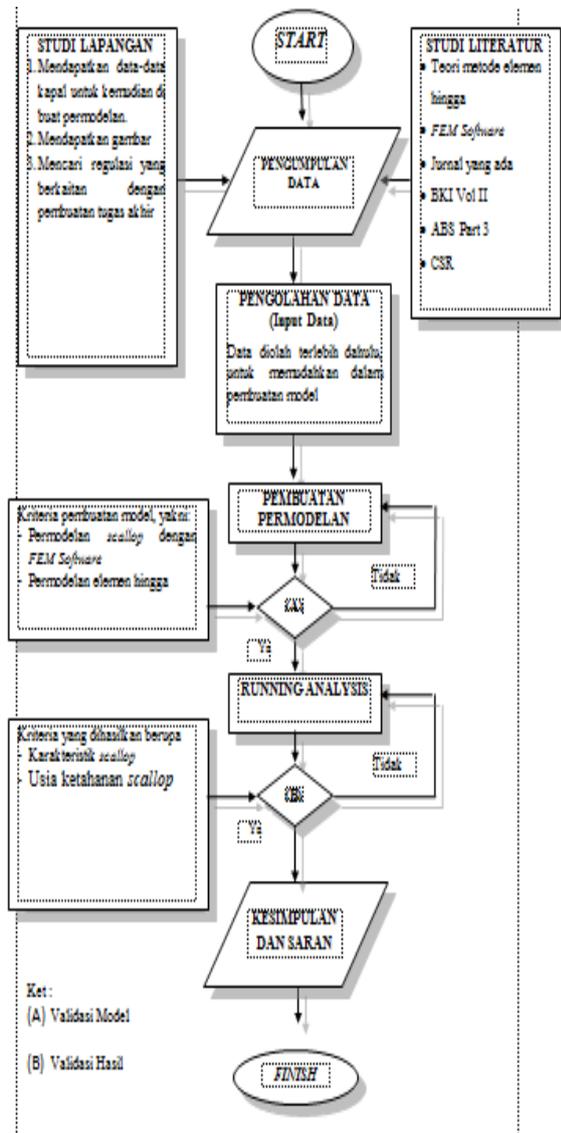
### 3.6 Penyajian Data Hasil Perhitungan

Semua hasil pengolahan data berupa gambar model, *display* hasil analisis tegangan terbesar, *display* hasil analisis siklus terpendek dari setiap variasi pembebanan, dan nilai perhitungan lainnya yang terjadi kemudian dilakukan pengelompokan agar mudah dalam penyusunan laporan.

### 3.7 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 ke tahap pengolahan data dan dilanjutkan ke tahap analisa yaitu didapatkan *output* yang sesuai dengan tujuan awal penelitian, sehingga diperoleh kesimpulan akhir



Gambar 3.4 Flow Chart Metodologi Penelitian

#### 4. Analisa Hasil dan Pembahasan

##### 4.1 Pendefinisian *Fatigue*

Kelelahan (*Fatigue*) adalah salah satu jenis kegagalan (patah) pada komponen akibat beban dinamis (pembebanan yang berulang-ulang atau berubah-ubah). Diperkirakan 50%-90% kegagalan mekanis adalah disebabkan oleh kelelahan



Gambar 7. Kapal patah akibat *fatigue*

Modus kegagalan komponen atau struktur dapat dibedakan menjadi 2 kategori utama yaitu :

1. Modus kegagalan *quasi statik* (modus kegagalan yang tidak tergantung pada waktu dajm ketahanan terhadap kegagalannya dinyatakan dengan kekuatan)
2. Modus kegagalan yang tergantung pada waktu (ketahanan terhadap kegagalannya dinyatakan dengan umur atau *life time*)

#### 4.2 Pembebanan

*Scallop* merupakan bagian yang terhubung pada profil kapal. Beban yang di terima oleh *scallop* merupakan beban tersier atau beban yang terjadi pada profil tersebut. Sehingga didapatkan besar beban sebagai berikut :

$$P(s) = P_o \times C_f \times \left[ \frac{20}{10 + Z - T} \right] \text{ Kn}/\text{M}^2$$

Dimana :

$$P_o = 2,1 \times (C_B + 0,7) \times C_o \times C_L \times f \text{ kN}/\text{m}^2$$

$$P_o = 2,1 \times (0,86 + 0,7) \times 7,7 \times 0,60 \times 1 \times 1$$

$$= 1,9656 \text{ KN}/\text{m}^2$$

Dari perhitungan diatas didapatkan erhitungan beban tersier pada *scallop* sebagai berikut :

$$P_s = 1,9656 \times 1,00 \times \frac{20}{10 + 5,1 - 4,4}$$

$$P_s = 3,674018692 \text{ kN}/\text{m}^2$$

Karena luasan profil yang diberi beban berukuran 0.012 m<sup>2</sup>, sehingga didapatkan beban pada model sebesar 263 N.

### 4.3 Analisa Kekuatan dan Kelelahan

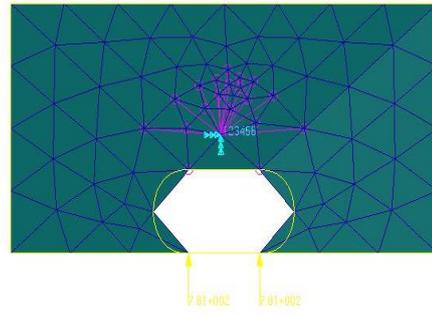
Tahap ini dilakukan untuk menghitung nilai *stress* tertinggi pada material sekaligus untuk mengetahui letak *hotspot stress* pada model dengan beban yang ditentukan oleh rumus berikut :

$$\text{tegangannya} = \frac{\text{gaya}}{\text{satuan luas}} \text{ atau } \sigma = \frac{F}{A}$$

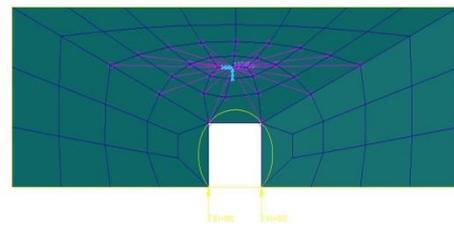
Dengan satuan sama dengan tekanan (pascal/megapascal) MSC Patran digunakan penulis untuk membantu perhitungan nilai tegangan agar lebih mudah, langkahnya adalah sebagai berikut :

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 Elastisity* = 2.1E+011  
*Shear Modulus* = 8E+010  
*Poisson's Ratio* = 0.30000001  
*Density* = 7850.

3. Proses *Meshing* adalah proses dimana model dibuat menjadi kumpulan nodal elemen hingga dengan ukuran yang lebih kecil dan saling terhubung. Karena konstruksi *scallop* tidak terlalu rumit. *Meshing* ditentukan dengan *SIZE Element Edge Length* 0,1, dengan parameter *SIZE* semakin kecil maka *meshing* akan semakin detail, apabila parameter *SIZE* semakin besar maka *meshing* akan kurang detail.
4. Penentuan Kondisi Batas (*Boundary Conditions*). Kondisi batas untuk diterapkan pada model menjadi sesuai dengan aplikasi unit lentur vertikal dan horizontal.
5. Penentuan *force* pada beban yang diasumsikan seperti yang diinginkan.

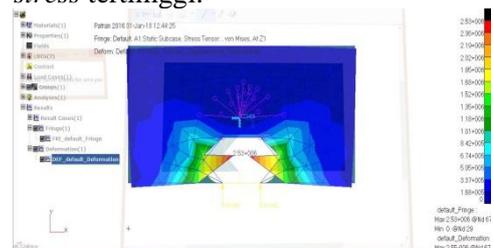


Gambar 8. Gaya yang bekerja pada scallop A1

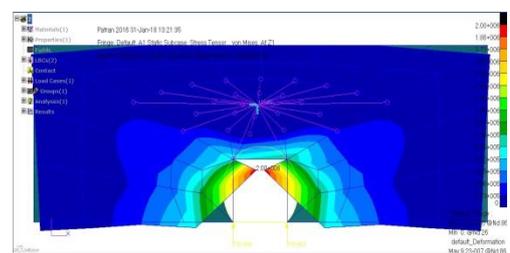


Gambar 9. Gaya yang bekerja pada scallop A2

6. *General Postprocessing*. Dalam tahap *postprocessing* akan dapat diketahui hasil dari *running* perhitungan *software* sesuai dengan yang diinginkan penulis. Yang nantinya akan didapatkan hasil *stress* tertinggi.



Gambar 10. *Stress* tertinggi model A1



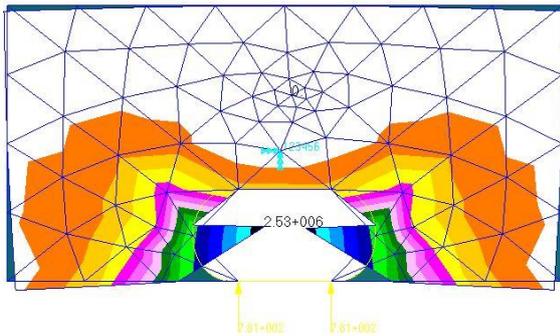
Gambar 11. *Stress* tertinggi model A2

Tabel 1. Rekapitulasi hasil pembebanan

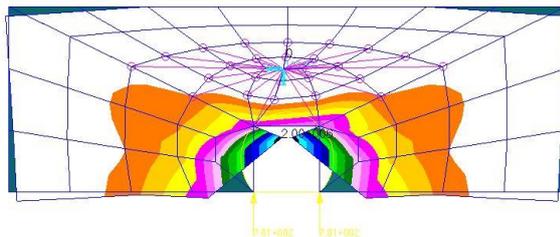
No	Model	Tegangan (Mpa)	Deformasi (m)
1	A1	32,4	7,97 x 10 <sup>-5</sup>
2	A2	45	1,46 x 10 <sup>-4</sup>

Nilai *stress* kemudian di *running* menggunakan

MSC *Fatigue* untuk mendapatkan nilai kelelahan siklus material.



Gambar 12. Siklus terpendek model A1



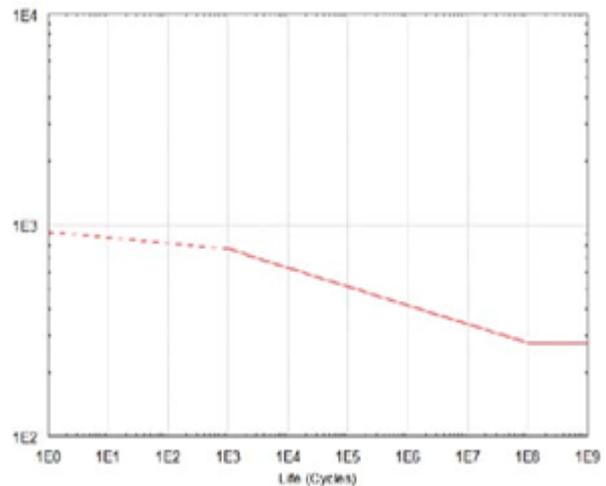
Gambar 13. Siklus terpendek model A2

Tabel 2. Rekapitulasi siklus terpendek

No	Model	Siklus Analisa
1	A1	$1.10 \times 10^8$
2	A2	$0.98 \times 10^8$

#### 4.4 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. Metode S-N ini tidak dapat dipakai dalam kondisi sebaliknya (tegangan dalam daerah plastis dan umur lelah relatif pendek). Berikut adalah gambaran kurva S-N dari material yang diuji dari *software* :



Gambar 14. kurva S-N

#### 4.5 Validasi

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

##### Validasi Model

Validasi dilakukan setelah permodelan selesai.

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

#### 4.6 Perkiraan Usia *Scallop*

Tahap ini merupakan *output* dari analisa menggunakan *software* yang nantinya didapatkan usia *scallop* dalam tahun. Perkiraan usia material ini menggunakan rumus dasar :

$$DM = \frac{N_i}{N_L}$$

Dimana

$N_L$  = total asumsi jumlah siklus yang direncanakan untuk 25 tahun

$N_i$  = jumlah siklus hasil analisa

Nilai  $N_L$  didapatkan dari persamaan berikut :

$$N_L = \frac{0.85T_L}{4 \text{Log}L}$$

Dimana :

$$T_L = 7,884 \times 10^8$$

L = Panjang kapal

Berdasarkan rumus diatas didapatkan nilai  $N_L$  sebesar  $0.85 \times 10^8$  siklus.

Sehingga didapatkan nilai DM sebagai berikut  
Tabel 3. Rekapitulasi hasil DM

No	Model	Siklus Hasil Analisa	DM
1	A1	$1.10 \times 10^8$	0.77
2	A2	$0.98 \times 10^8$	0.86

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

Tabel 4. Perkiraan usia *scallop*

No	Model	DM	Perkiraan Usia (th)
1	A1	0.77	32,35
2	A2	0.86	28,82

## 5. Penutup

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Nilai DM yang didapat dari penelitian tugas akhir ini adalah 0,77 untuk model A1 dan 0,86 untuk model A2
2. Usia *scallop* yang didapat dari penelitian ini adalah 32,35 tahun untuk model A1 dan 28,82 tahun untuk model A2

### 5.2 Saran

1. Penelitian tugas akhir ini hanya dilakukan pada *scallop*. Untuk selanjutnya bisa diteruskan dengan meneliti bagian yang lain.
2. Selanjutnya variasi pembebanan atau variasi model bisa ditambahkan dalam penelitian selanjutnya.
3. Analisa ini menggunakan parameter dari Goodman, untuk kedepannya bisa dicoba dengan solusi parameter yang lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Barsom 1987 “*Ship Structural Concept*.” Cornell Maritime Press, Inc.
- [2] Germanischer Lloyd,2008 “*Rules for hull structure*”
- [3] H. Cramer, Robert Ioseth & Kjell Olaisen, “*Fatigue Assesment of Ship Structures*”, Elsevier,1994.
- [4] JTP. ”*Common Structural Rules*”, IACS, 2009.