



ISSN 2338-0322

# JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

## Analisa Kekuatan Struktur Pondasi Mesin Dengan Interaksi Thrust Block Pada Kapal Ferry 500 GT Dengan Metode Elemen Hingga

I Made Wira Karisma<sup>1</sup>, Imam Pujo Mulyatno<sup>1</sup>, Good Rindo<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>)Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

### Abstrak

Konstruksi Pondasi mesin pada kapal Ferry 500 GT merupakan konstruksi yang sangat penting. Konstruksi ini menerima beban mesin, gearbox, serta gaya dan momen pada shaft yang tersambung melalui thrust block. akumulasi beban pada pondasi ini membuat perlu adanya analisa kekuatan konstruksi. Material yang digunakan adalah baja grade A BKI ASRM A131, sedangkan rules yang digunakan adalah rules Biro Klasifikasi Indonesia. Analisa menggunakan metode elemen hingga linier statis. Beban yang diasumsikan adalah berat gear box, berat mesin, gaya dorong, dan momen torsi dari shaft. Hasil analisa berupa tegangan von mises dan deformasi pada tiga kondisi pembebanan. Penulis menggunakan alat bantu software berbasis metode elemen hingga dengan tiga kondisi pembebanan yaitu kapal diam, kapal bergerak ke depan dengan kecepatan 12 knot, dan kapal mundur dengan kecepatan 6 knot. Tegangan von mises terbesar terjadi pada kondisi pembebanan II yaitu kapal bergerak dengan kecepatan 12 knot ke depan, sebesar  $114 \text{ N/mm}^2$  dan dengan deformasi 0,0138 mm. titik tegangan terbesar terjadi pada pondasi mesin station 12 yang berada pada pusat gaya dorong kapal. Nilai tegangan masih sesuai dengan tegangan ijin bahan maupun tegangan ijin Biro Klasifikasi Indonesia. Dengan nilai 2,061 dan 1,747 ( $SF > 1$ )

Kata Kunci : *analisa kekuatan, deformasi, metode elemen hingga, pondasi mesin, thrust block, tegangan von mises*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kapal Verry 500 GT adalah kapal very milik Direktorat Jendral Perhubungan Darat dan merupakan sebuah kapal yang bertugas mengangkut penumpang dan kendaraan pada rute penyeberangan Namlea-Waisala. Untuk menunjang kegiatan operasionalnya, maka dibutuhkan mesin dengan performa yang memadai. Kapal very 500 GT mempunyai mesin induk 2 x 811 HP dan system twin screw propeller sebagai system propulsi. Untuk mendukung performa mesin dan keamanan serta keselamatan kapal, dibutuhkan suatu pondasi yang mampu menopang berat mesin, momen torsi maupun gaya dorong kapal tersebut.

Dalam Sebuah perencanaan konstruksi kapal, pada dasarnya adalah merencanakan konstruksi yang mempunyai tingkat tegangan pada batas yang diijinkan dan bisa diterima oleh konstruksi tersebut. Hal ini bertujuan untuk mengurangi kemungkinan masalah deformasi, keretakan dan lain-lain pada konstruksi. Dalam hal ini, konstruksi pondasi mesin tentu termasuk dalam konstruksi yang vital karena perannya menahan beban dari permesinan kapal. Oleh karena itu, penulis akan menganalisa local stress yang terjadi pada pondasi mesin kapal very 500 GT

### 1.2 Perumusan Masalah

Dari penjelasan latar belakang diatas, dapat dirumuskan masalah yang dihadapi dalam penyusunan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa deformasi maksimal dan tegangan maksimal konstruksi pondasi mesin induk?
2. Apakah konstruksi pondasi mesin dalam kondisi aman/kondisi tegangan yang diijinkan sesuai dengan rules BKI (Indonesia) setelah dilakukan analisa?

#### 1.4 Batasan Masalah

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini permasalahan akan dibatasi sebagai berikut :

1. Perhitungan menggunakan analisa linier statis.
2. Asumsi pembebanan :
  - Beban Statis, dari berat mesin induk dan *gearbox*
  - Beban torsi, dari gaya putar *crankshaft* mesin induk, dan putaran *reduction gear* pada *gearbox*
  - Beban gaya dorong kapal (Thrust Force)
3. Respon Stress menggunakan Tegangan *Von Mises*
4. Material Baja yang diterapkan adalah Baja Grade A
5. Analisa dilakukan pada sistem konstruksi pondasi mesin induk meliputi, pondasi mesin, dan *bottom* kapal

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas maka maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk menganalisa kekuatan konstruksi pondasi pada saat menerima beban karena berat mesin, momen torsi dan gaya dorong kapal.
2. Mengetahui faktor keselamatan pada konstruksi pondasi mesin.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Konstruksi pondasi mesin dan asumsi pembebanan

Konstruksi pondasi mesin adalah struktur untuk menopang dan mengamankan mesin utama pada sturuktur lambung kapal. Sebuah podasi hartus mampu menahan bebannya ketika kapal berada pada kondsiis ekstrim termasuk inklinasi dengan sudut besar, roll, pitch, dan heave serta menyalurkan beban dorongan kapal (thrust load) dari shaft propeller. Fungsi utama pondasi adalah untuk menjaga defleksi pada level yang aman bagi mesin dengan gear dan shaft terpasang. [1]

Untuk memenuhi fungsinya, pondasi harus dibuat dengan kekakuan tertentu untuk membatasi defleksi, dan struktur penumpu pondasi harus mampu menahan keseluruhan defleksi pada pondasi. Beban pondasi harus disalurkan melalui

beam atau struktur lainnya hingga terdistribusi merata pada lambung kapal. [1]

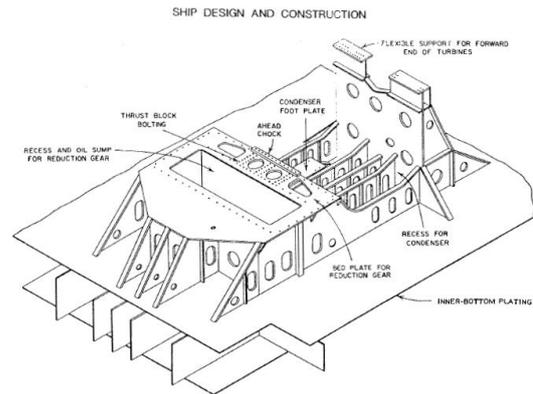


Fig. 64 Combined turbine, condenser, and gear foundation

Gambar 2.2, pondasi main engine

Pada pondasi main engine, thrust bearing diletakkan langsung didepan main gear dengan desain yang kuat untuk menahan seluruh beban thrust [1]

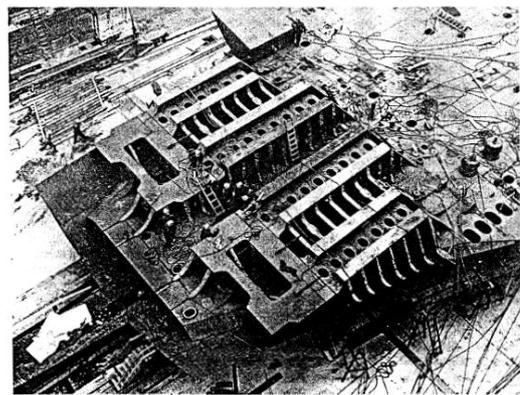


Fig. 65 Main engine and gear box foundation

Gambar 2.3 pondasi mesin dan gearbox pada twin-screw diesel-powered vessel

Pada kapal dengan mesin diesel kecil, Pondasi Thrust block dapat tersambung pada pondasi mesin. Thrust block dapat diletakkan di pondasi gearbox setelah reduction gear. Ponasi thrust bearing berbentuk memanjang fore-aft direction, rigid dan tertahan dengan baik pada ujungnya untuk meminimalisir efek dari beban thrust. [1]

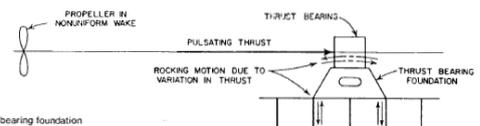
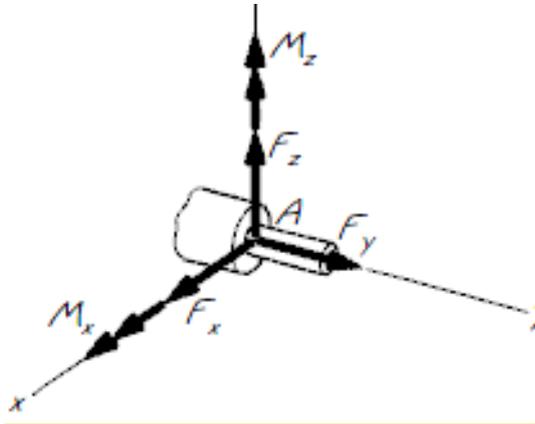


Fig. 66 Motion of thrust bearing foundation

Gambar 2.4 skema thrust block menerima beban thrust

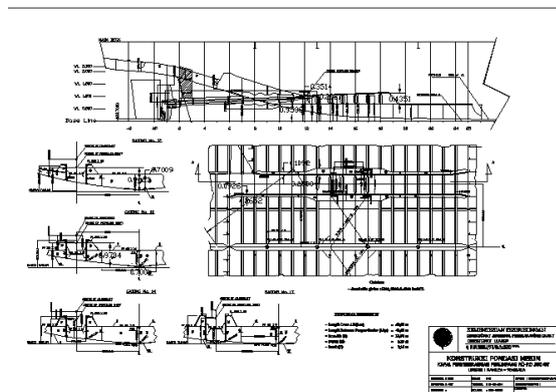
Pada konstruksi single thrust bearing. Gaya digambarkan dalam 3 komponen ( $F_x + F_z + F_y$ ). Komponen yang searah dengan shaft axis ( $F_y$ ) adalah yang dimaksud thrust force yang dikenakan pada titik pusat shaft. Selain gaya, terdapat momen yang tegak lurus dengan shaft axis ( $M_x + M_z$ ) [2]



Gambar 2.5 Free body diagram single thrust bearing

Tabel 2.1 Konstruksi pondasi mesin kapal ferry 500 GT

Konstruksi Dasar	
Solid floor	T FP 100 x 8
Bottom side girder	T FP 150 x 8
Bottom Center Girder	T FP 250 x 8
Plat dasar	8 mm
Konstruksi sisi	
Web Frame	PL 250 x 8 FP 100 x 8
Main Frame	L 75 x 75 x 7
Plat sisi	8 mm
Konstruksi pondasi mesin	
Profil pondasi	PL 250 x 25
Girder	FP 100 x 10
Center of shaft	1000 mm
Panjang pondasi	4500 mm



Gambar 2.5 konstruksi pondasi mesin kapal very 500 GT

## 2.4 Faktor Keamanan

Faktor keamanan adalah faktor yang menunjukkan tingkat kemampuan suatu bahan teknik menerima beban dari luar, yaitu beban tekan maupun tarik. Gaya yang diperlukan agar terjadi tingkat optimal bahan di dalam menahan beban dari luar sampai akhirnya menjadi pecah disebut dengan beban *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. Tabel dibawah ini memberikan kekuatan – kekuatan *ultimate* dan sifat – sifat fisis yang lain dari beberapa bahan. Untuk disain bagian – bagian struktur tingkat tegangan disebut tegangan ijin (*allowable stress*) dibuat benar – benar lebih rendah daripada kekuatan *ultimate* yang diperoleh dari pengujian “statis”. Hal ini penting untuk berbagai pertimbangan. Besar gaya yang dapat bekerja pada bangunan yang dirancang jarang diketahui secara pasti. Karena tegangan dikalikan luas sama dengan gaya, maka tegangan ijin dari *ultimate* dapat diubah dalam bentuk gaya atau beban yang diijinkan dan *ultimate* yang dapat ditahan oleh sebuah batang. Suatu perbandingan (*ratio*) yang penting dapat ditulis : [3]

$$FS = \frac{\sigma_{ijin}}{\sigma_{maks}}$$

## 2.5 Metode Elemen Hingga

Metode Elemen Hingga adalah metode numerik untuk penyelesaian masalah teknik dan fisika matematis. Penyelesaian Metode Elemen Hingga menghasilkan persamaan dari masalah yang dianalisa dalam sistem persamaan serentak yang harus diselesaikan, penyelesaian ini memberikan hasil atau penyelesaian pendekatan dari nilai yang tidak diketahui pada titik tertentu dalam sistem yang kontinu. Sistem yang kontinu adalah istilah dari kondisi struktur atau objek yang sebenarnya. Dikritisasi adalah proses pemodelan dari struktur atau objek dengan membaginya dalam elemen-elemen kecil (elemen hingga) yang terhubung oleh titik-titik (*nodes*) yang digunakan oleh elemen-elemen tersebut dan sebagai batas dari struktur atau objek. Dalam metode elemen hingga persamaan dari seluruh sistem dibentuk dari penggabungan persamaan elemen-elemennya. Untuk masalah struktur, penyelesaian yang didapat adalah deformasi pada setiap titik (*nodes*) yang selanjutnya digunakan untuk mendapatkan besaran-besaran regangan (*strain*) dan tegangan (*stress*). Penyelesaian dari metode elemen hingga umumnya menggunakan metode matriks serta memerlukan perhitungan yang sangat banyak dan berulang-ulang dari persamaan yang sama, sehingga diperlukan sarana

komputer dan bahasa pemrogramannya. Penyelesaian dari seluruh sistem umumnya merupakan penyelesaian persamaan serentak yang dinyatakan dalam bentuk matriks dan diselesaikan menggunakan persamaan serentak. [4]

## 2.6 Pemodelan ANSYS

ANSYS adalah program bantu dalam analisa metode elemen hingga. Program ANSYS ini ada beberapa program diantaranya, *fluid dynamics, structural mechanics, Electromagnetics, systems and multiphysics*. Untuk pengerjaan analisa struktur ini dalam ansys digunakan program *Structural meachmics (Mechanical APDL)* Secara umum langkah-langkah yang dilakukan dalam menggunakan *software ANSYS* yaitu *Problem Specifications, Define Materials, Problem Descriptions, Build Geometry, Generate Mesh, Attribute Mesh to model, Boundary condition, Obtains Solutions, Review Result* [5]

## 3 METODOLOGI

Untuk proses penyusunan Tugas Akhir ini dibutuhkan data – data dari objek yang dianalisa. Adapun proses pengambilan data terbagi menjadi beberapa tahap antara lain :

### 3.1 Studi Lapangan

Dalam penelitian Tugas Akhir “ANALISA KEKUATAN STRUKTUR PONDASI MESIN DENGAN INTERAKSI TRUST BLOCK PADA KAPAL VERRY 500 GT DENGAN METODE ELEMEN HINGGA” perlu dilakukan studi lapangan yang bertujuan untuk melengkapi kebutuhan data untuk pengerjaan Tugas Akhir ini, adapun studi lapangan tersebut antara lain:

1. Pengambilan data dan penelitian studi lapangan yang dilakukan secara langsung.
2. Metode yang dilaksanakan adalah wawancara dan observasi lapangan.
3. Waktu dan tempat penelitian di PT. Daya Radar Utama Unit III, Panjang, Lampung

### 3.2 Studi Literatur

Mempelajari tentang sistematika perhitungan pembebanan dan software yang akan digunakan sesuai dengan kebutuhan.

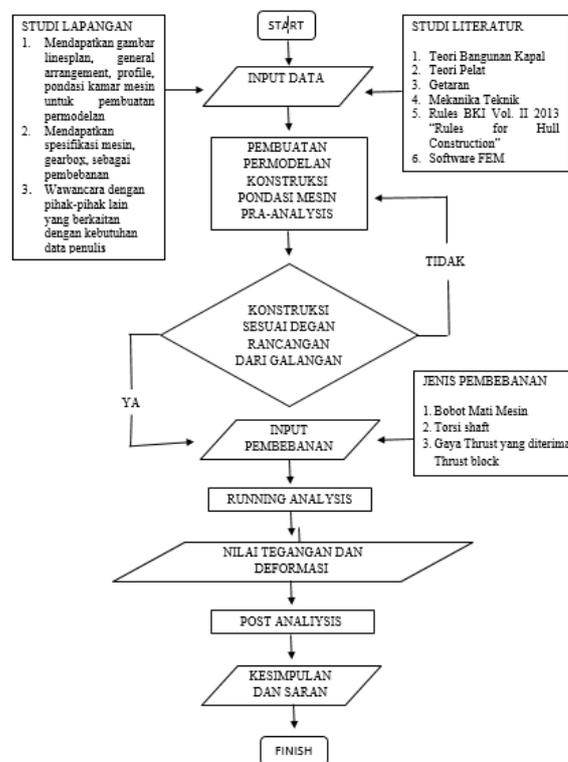
### 3.3 Pembuatan Model

Dari data awal yang telah diambil, kemudian dilakukan pembuatan model dengan menggunakan program ANSYS

### 3.4 Penyajian Data Hasil Perhitungan

Semua hasil pengolahan data berupa gambar model, *display* hasil analisis, serta parameter-parameter yang diperlukan seperti tegangan

maksimum, regangan, dapat diperoleh hasil dari proses tersebut, kemudian dilakukan pengelompokkan agar mudah dalam penyusunan laporan.



Gambar 3.1 Diagram alir metodologi penelitian

## 4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Kapal Ropax 500 GT

Kapal Verry 500 GT milik Direktorat Jenderal Lalu Lintas Angkutan Sungai Danau dan Penyebrangan (LL ASDP) merupakan jenis kapal yang dirancang untuk mengangkut muatan berupa kendaraan dan manusia untuk menyeberang perairan atau yang lebih kita kenal dengan kapal *ropax* atau *ferry* atau *ro-ro*. Kapal ini mempunyai ukuran utama sebagai berikut:

Nama Kapal	: Verry 500 GT
Owner	: DIRJEN LL ASDP
Loa	: 45,50 meter
Lpp	: 42,00 meter
B <sub>deck</sub>	: 12,00 meter
H	: 3,20 meter
T	: 2,15 meter
V <sub>s</sub>	: 12,00 knots
C <sub>b</sub>	: 0.6

Main Engin Spesification :

Type	: Mitshubishi S6R - MPTK
Weight	: 2,830 kg (3015 kg wet)
Output	: 605 kW (811 hp)
Rpm engine	: 1800 rpm

Gearbox Specification :

Type : Dong I DMT 400 HL  
 Weight : 750 kg  
 Input : 690 kW (926 hp)  
 Max RPM : 2300 RPM  
 Max Input torque : 374 kgf.m

#### 4.2 Perhitungan Beban

Beban yang diterima pondasi mesin adalah secara vertical yang berasal dari berat mesin dan gearbox, beban torsi dari moment putar *crankshaft* mesin dan *reduction gear* pada *gear box*, serta arah horizontal oleh beban system propulsi kapal. Pembebanan bersifat tetap, sebab analisa yang digunakan adalah *static analysis*.

##### a. Beban Mesin Induk

Beban mesin induk dihasilkan dari berat mesin induk yang di distribusikan merata pada pondasi dan dipengaruhi juga oleh torsi/putaran mesin dengan reaksi beban arah vertikal, Beban vertikal ini disatu sisi menambah beban mesin, dan disisi lain mengurangi beban mesin induk dengan nilai yang sama.

$$W_{mainengine} = \text{Berat} \times \text{gravitasi}$$

$$= 3015 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$= 29577.15 \text{ N}$$

##### b. Beban Gearbox

Beban *gearbox* dihasilkan dari berat mesin induk yang di distribusikan merata pada pondasi dan dipengaruhi juga oleh torsi/putaran poros.

$$W_{gearbox} = \text{berat} \text{ gearbox} \times \text{gravitasi}$$

$$= 750 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$= 7357.5 \text{ N}$$

#### 4.2.3 Beban dorongan kapal

Beban dorongan kapal dihasilkan dari nilai gaya dorong (*Thrust*) kapal yang disebarkan dari poros propeller ke pondasi mesin melalui thrust block.

Besarnya nilai thrust dapat dihitung dengan rumus :

$$T = \frac{Rt}{(1-t)} \quad (1)$$

T : Thrust

Rt : hambatan total

t : faktor deduksi gaya dorong

##### a. Hambatan Total kapal

hambatan kapal adalah gaya hambat dari media fluida yang dilalui kapal saat beroperasi dengan kecepatan tertentu. Besarnya hambatan

merupakan jumlah dari semua komponen gaya hambat yang bekerja pada kapal.

$$Rt = \frac{1}{2} \times \rho \times v^2 \times Stot \times [Cf \times (1 + k) + Ca] + \frac{Rw \times W}{W} \quad (2)$$

Perhitungan hambatan kapal dengan menggunakan software menghasilkan data sebagai berikut

$$R_{t \text{ maju}} = 123,64 \text{ kN (12 knot)}$$

$$R_{t \text{ mundur}} = 41,24 \text{ kN (6 knot)}$$

Tabel 4.1 nilai hasil perhitungan hambatan total kapal pada kecepatan 12 knot maju

	Pengertian	Hasil Perhitungan	Satuan
$\rho$	Massa jenis air	1,025	Ton/m <sup>3</sup>
$v^2$	Kuadrat Kecepatan dinas	38,103	
Stot	Luas permukaan basah total	475,27	m <sup>2</sup>
Cf	Koef gesek kapal	0,0019	-
(1 + k)	Koef bentuk kapal	1,589	-
Ca		0,003329045	-
Rw/W	Tahanan gelombang kapal	0,009573	-
W	displacement	6078,5	ton
<b>R<sub>T</sub></b>		<b>116,42 kN</b>	

Validasi antara perhitungan software dengan perhitungan manual adalah 94% (>90%) sehingga perhitungan dapat menggunakan hasil dari software

##### b. Faktor Deduksi gaya Dorong

$$t = (0,5 \times Cp) - 0,19 \quad (3)$$

$$t = (0,5 \times 0,7764) - 0,19$$

$$t = 0,1982$$

##### c. Gaya Dorong

Dari hasil perhitunga software dan nilai faktor deduksi gaya dorong, maka dapat diperoleh besaran gaya dorong adalah:

$$T_{maju} = 154,2 \text{ kN}$$

$$T_{mundur} = 51,43 \text{ kN}$$

### 4.2.2 Beban Torsional shaft

Shaft berfungsi sebagai pengantar daya dari mesin menuju propulsor. Daya yang dihantarkan oleh shaft berupa momen torsi. Momen torsi dapat dihitung dengan rumus:

$$NT = \frac{9550 \times Ps}{N} \quad (4)$$

Dimana :

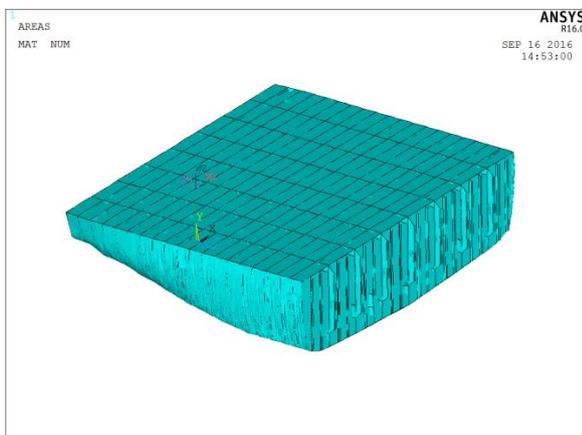
- Q = Torsi
- kW = daya yang ditransfer shaft
- N = rpm mesin

Pada hasil software, nilai torsi yang diperoleh adalah:

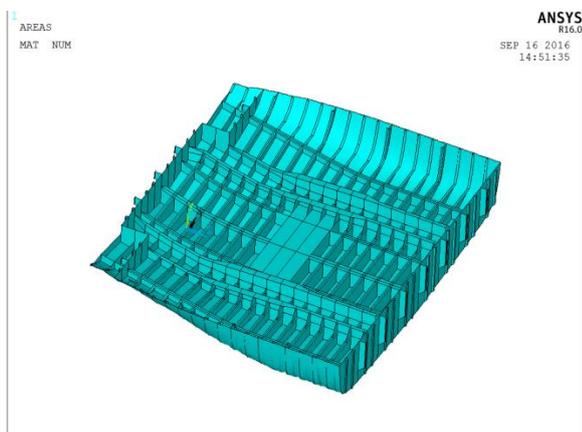
- $P_{Smaju} = 501,878 \text{ kW (12 knot)}$
- $P_{Smundur} = 83,703 \text{ kW (6 knot)}$
- sehingga nilai beban torsional sflat adalah:
- $NT_{maju} = 2662,745 \text{ Nm}$
- $NT_{mundur} = 444,093 \text{ Nm}$

### 4.3 Geometri Model

Geometry model didapat dari rencana konstruksi pondasi mesin kapal verry 500 GT. Kemudian dilakukan pemodelan dalam software ANSYS sehingga mendapatkan model seperti berikut



Gambar 4.1 model kompartemen kemar mesin



Gambar 4.2 Model pondasi mesin



Gambar 4.3 hasil model setelah meshing

### 4.4. Boundary Condition

*Boundary Condition* digunakan untuk menentukan bentuk tumpuan dari objek yang dianalisa. Penentuan *Boundary Condition* dilakukan sesuai tabel berikut:

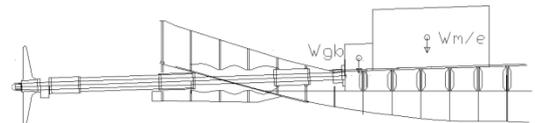
Tabel 4.2 Boundary condition

Lokasi Titik Independent	translasi	rotasi
alas kapal	fix	-

### 4.5. Asumsi Pembebanan

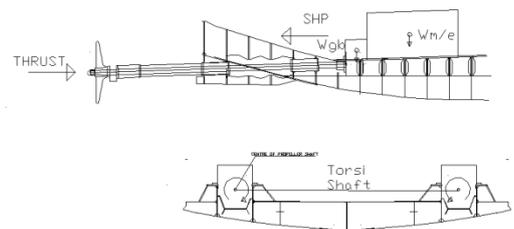
Pada analisa ini, penulis akan menganalisa 2 kondisi pembebanan. Dengan rincian sebagai berikut:

- a. Kondisi I mesin tidak beroperasi, sehingga beban yang dikenakan adalah beban dari berat mesin



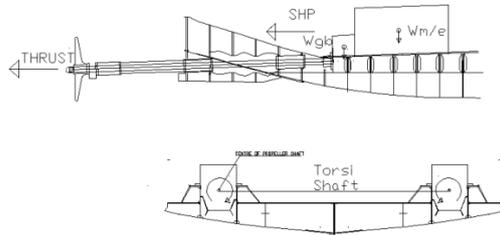
Gambar 4.4 Asumsi pembebanan kondisi I

- b. Kondisi II, mesin beroperasi pada kecepatan dinas kapal. Sehingga beban yang dikenakan adalah berat mesin, thrust load dan momen torsi shaft



Gambar 4.5 Asumsi pembebanan kondisi II

- c. Kondisi III, kapal beroperasi bergerak mundur dengan kecepatan 6 knot. Sehingga gaya dorong kapal bernilai negative



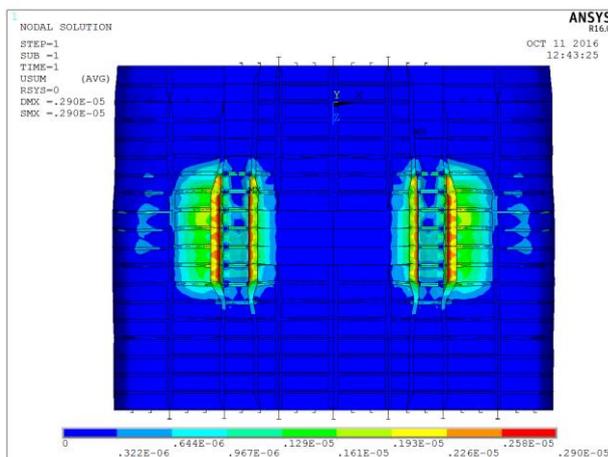
Gambar 4.6 Asumsi Pembebanan Kondisi III

#### 4.6 Output Data

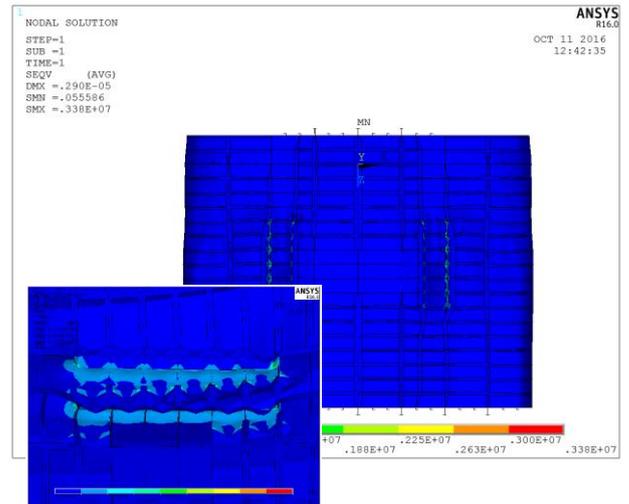
Dari hasil *post processing* program ANSYS *Mechanical APDL* didapatkan data tegangan pada pondasi mesin, sehingga letak titik kritis pada pondasi mesindari hasil *post processing* akan diketahui apakah masih dalam batas aman untuk sebuah desain suatu system. *Output data* dari software ANSYS adalah tegangan *von mises* yang digunakan untuk menghitung kriteria kegagalan dari kekuatan material pada suatu sistem struktur. Nilai tegangan *von mises* didapatkan dari nilai perhitungan *stress tensor* dalam hal ini ditunjukkan pada nilai perhitungan komputasi program ANSYS *Mechanical APDL*

##### 4.6.1 Kondisi I

Untuk mendapatkan tegangan local pada pondasi mesin, maka gaya berat diberikan pada pondasi masing-masing sesuai dengan perhitungan beban, sehingga menghasilkan respon sebagai berikut:



Gambar 4.4 deformasi

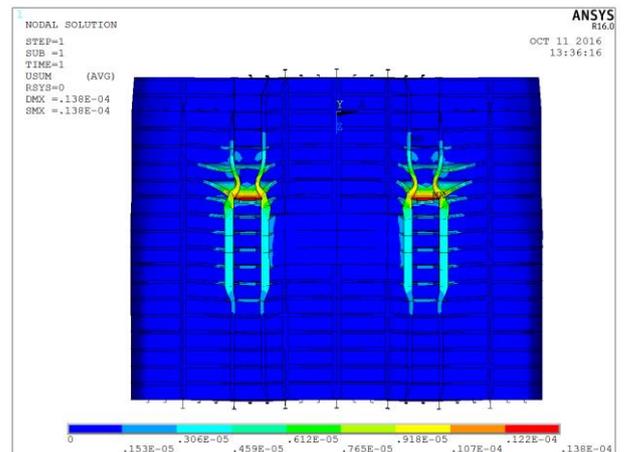


Gambar 4.5 tegangan von mises

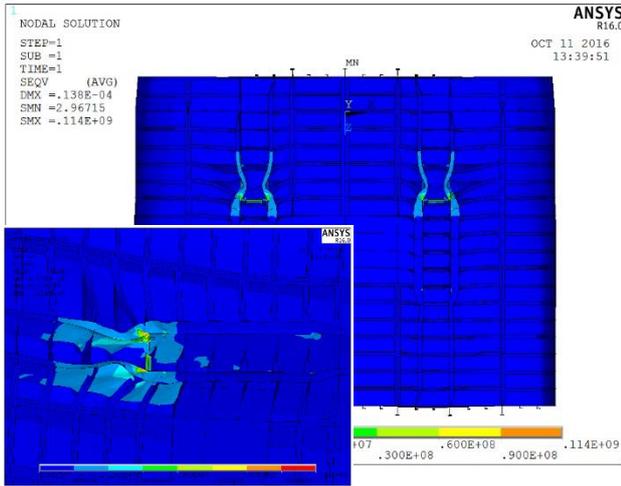
Pada kondisi I, didapatkan deformasi terbesar terjadi pada pondasi di gading nomer 13 dengan nilai sebesar 0,0029 mm, dan tegangan von mises maksimum terjadi pada pondasi mesin gading nomer 12 dengan nilai sebesar 3,38 N/mm<sup>2</sup>.

##### 4.6.2 Kondisi II

Untuk mendapatkan tegangan local pada pondasi mesin, maka gaya berat, gaya dorong dan momen torsi diberikan pada pondasi masing-masing sesuai dengan perhitungan beban, sehingga menghasilkan respon sebagai berikut:



Gambar 4.6 Hasil deformasi total

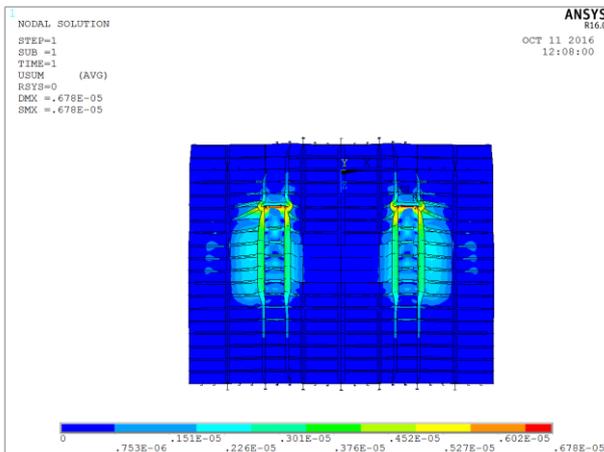


Gambar 4.7 Hasil tegangan von mises total

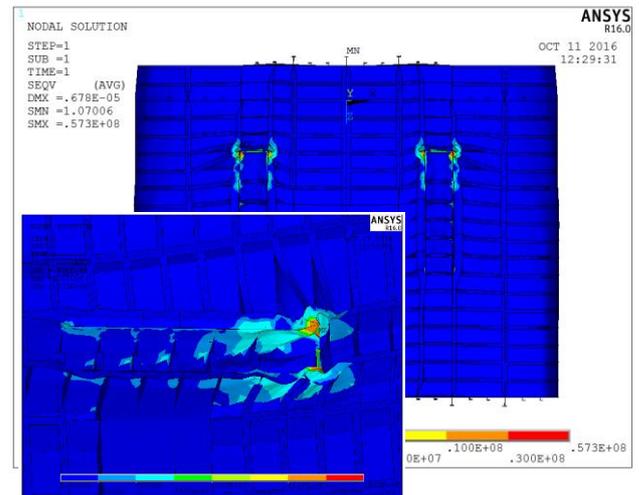
Pada kondisi II, deformasi terbesar terjadi pada konstruksi pondasi mesin di gading nomor 12 dengan nilai sebesar 0,0138 mm, dan Tegangan *von mises* maksimum terjadi pada konstruksi pondasi mesin induk pada gading nomer 12 dengan nilai sebesar 114 N/mm<sup>2</sup>.

#### 4.6.3 Kondisi III

Untuk mendapatkan tegangan local pada pondasi mesin, maka gaya berat, gaya dorong dan momen torsi diberikan pada pondasi masing-masing sesuai dengan perhitungan beban, sehingga didapatkan respon sebagai berikut



Gambar 4.8 Hasil deformasi total



Gambar 4.9 Hasil Tenggangan Von Mises

Pada kondisi III, deformasi terbesar terjadi pada pondasi mesin gading nomor 11 dengan nilai sebesar 0,0068 mm dan tegangan von mises maksimum terjadi pada konstruksi pondasi pada gading nomor 11 dengan nilai sebesar 57,3 N/mm<sup>2</sup>.

#### 4.4 Validasi Model

Validasi model dilakukan untuk meastikan apakah model yang dibuat telah sesuai. Cara yang ditempuh untuk melakukan validasi model adalah dengan melakukan perbandingan hasil deformasi antara analisa software dan perhitungan menggunakan rumus mekanika teknik dengan besar beban yang telah digunakan. Dengan rumus sebagai berikut:

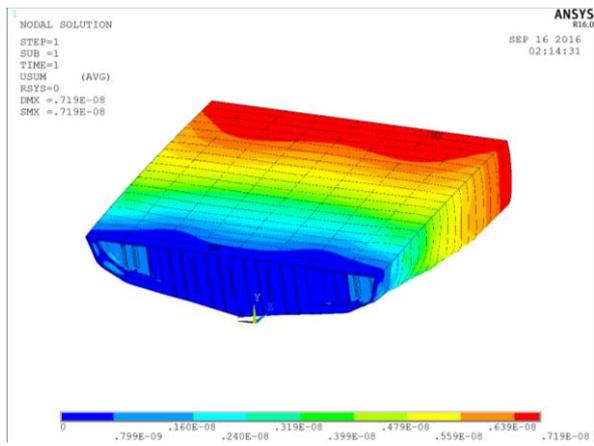
$$f = \frac{M x l^3}{3 x E x I}$$

Dimana :

- M = momen
- L = panjang penampang
- E = modulus elastisitas
- I = momen inersia

##### 4.4.1 Hasil menggunakan software

model software diberi momen M pada bagian ujung depan dan dijipit dibagian belakang. Sehingga mendapat hasil sebagai berikut:



Gambar 4.10 hasil analisa menggunakan software

#### 4.4.2 Hasil menggunakan rumus mekanika teknik

$$f = \frac{M x l^3}{3 x E x I}$$

$$f = \frac{21 x 10000 x 9,5^3}{3 x 2,1 x 10^{11} 6163,9}$$

$$f = 6,69 x 10^{-9}$$

Tabel 4.3 perbandingan hasil analisa software ansys dengan perhitungan mekanika teknik

Hasil Deformasi		Presentasi Validitas
software	Mekanika teknik	
$7,19 x 10^{-9}$	$6,69 x 10^{-9}$	93,053%

#### 4.5 Faktor Keamanan

Setiap struktur yang dioperasikan tentunya ada faktor keamanan sebagai jaminan keselamatan dan daya guna suatu struktur, karena hal tersebut maka perlu dilakukan pengecekan faktor keamanan (*safety factor*). Perhitungan *Safety Factor* menurut kriteria bahan ( $R_{cH}$ ), sesuai dengan rules BKI vol II section 2 B 1.1

$$FS = \frac{\sigma_{IJIN}}{\sigma_{MAKS}}$$

Nilai tegangan ijin untuk baja grade A adalah 235 N/mm<sup>2</sup>

#### 4.7 Validasi Hasil Perhitungan

Validasi dari hasil perhitungan merupakan suatu hal yang penting karena hal ini akan menunjukkan keakuratan perhitungan dari suatu pemodelan. Cara yang ditempuh untuk melakukan validasi adalah dengan melakukan perbandingan hasil perhitungan antara perhitungan *software* dengan perhitungan manual (sesuai dengan rumus). Dalam analisa menggunakan software didapat hasil tegangan maksimum dimana nilai tegangan tersebut yang digunakan untuk melakukan validasi hasil perhitungan. Perhitungan

manual yang akan dilakukan dengan menghitung salah satu element (tiap satu elemen) saat di kenai beban yang di pergunakan sebagai input. Perhitungan manual dilakukan dengan menggunakan rumus tegangan ijin dari rules BKI yaitu chapter 8 section C

$$\sigma_{Pr} = \sigma_{perm} + \sigma_{LB} - Z \left[ \frac{(\sigma_{LB} + \sigma_{LD})}{H} \right]$$

Dimana :

- $\sigma_{Pr}$  = Tegangan ijin
- $\sigma_{perm}$  = Tegangan rancang yang diijinkan
- $\sigma_{LB}$  = Tegangan lengkung rancang lambung maksimum pada alas
- $\sigma_{LD}$  = Tegangan lengkung rancang lambung maksimum pada deck
- Z = Jarak konstruksi diatas garis dasar
- H = Tinggi geladak

Tabel 4.4 Hasil perhitungan tegangan ijin

Variabel	Hasil perhitungan	satuan
$\sigma_{perm}$	207,26	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{LB}$	97,635	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{LD}$	122,044	N/mm <sup>2</sup>
Z	1,54	m
H	3,2	m
$\sigma_{Pr}$	<b>199,17 N/mm<sup>2</sup></b>	

Berdasarkan perhitungan dari rumus tegangan ijin BKI didapat hasil 123,644 N/mm<sup>2</sup>.

Tabel 4.5 rekap safety factor menurut kriteria bahan dan tegangan ijin

A. MENURUT KRITERIA BAHAN					
Kondisi	Deformasi max (mm)	Stress max (N/mm <sup>2</sup> )	Tegangan ijin (N/mm <sup>2</sup> )	SF	Ket
I	0,0050	5,91	235	39,76	OK
II	0,0138	114	235	2,061	OK
III	0,0068	57,3	235	4,101	OK
B. MENURUT TEGANGAN IJIN					
Kondisi	Deformasi max (mm)	Stress max (N/mm <sup>2</sup> )	Tegangan ijin (N/mm <sup>2</sup> )	SF	Ket
I	0,0050	5,91	199,17	33,70	OK
II	0,0138	114	199,17	1,747	OK
III	0,0068	57,3	199,17	3,476	OK

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa kekuatan struktur pondasi mesin induk KAPAL Verry 500 GT dengan menggunakan program bantu ANSYS *Mechanical APDL* dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada kondisi I, deformasi terbesar terjadi pada pondasi mesin di gading nomer 13 dengan nilai sebesar 0,0029 mm, dan tegangan von mises maksimum terjadi pada pondasi mesin gading nomer 12 dengan nilai sebesar 3,38 N/mm<sup>2</sup>. Sedangkan untuk kondisi II, deformasi terbesar terjadi pada konstruksi pondasi mesin di gading nomor 12 dengan nilai sebesar 0,0138 mm, dan Tegangan *von mises* maksimum terjadi pada konstruksi pondasi mesin induk pada gading nomer 12 dengan nilai sebesar 114 N/mm<sup>2</sup>. Pada kondisi III, deformasi terbesar terjadi pada pondasi mesin gading nomor 11 dengan nilai sebesar 0,0068 mm dan tegangan von mises maksimum terjadi pada konstruksi pondasi pada gading nomor 11 dengan nilai sebesar 57,3 N/mm<sup>2</sup>.
2. Safety Factor pada kondisi pembebanan terberat yang terjadi pada pondasi mesin di gading nomer 12 yaitu 1,085 dimana masih sesuai dengan ketentuan Biro Klasifikasi Indonesia (SF>1)

### 5.2 Saran

1. Untuk mencapai ketelitian yang maksimal dalam analisa dengan menggunakan program ANSYS *Mechanical APDL*, dapat dilakukan dengan membuat model dengan geometri yang baik.
2. Pemodelan dengan menggunakan metode elemen hingga sangat bergantung kepada jumlah elemen yang dipergunakan dan

kesesuaian pemberian *constraint* dan *load* sesuai tempatnya pada suatu model. Sehingga untuk mendapatkan hasil pemodelan yang lebih baik hendaknya pembuatan model dilakukan dengan pembagian *mesh* yang lebih banyak lagi, terutama pada daerah yang menjadi mengalami pemusatan tegangan.

3. untuk penelitian selanjutnya, dapat dianalisa kekuatan pondasi mesin dengan beban dinamis

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Robert Taggart, 1980, "Ship Design and Construction", New York, The Society of Naval Architects and Marine Engineers
- [2] Pytel A, Kiusalaas J, "Engineering Mechanics: Statics, SI Edition"
- [3] BKI, 2014, "Volume II Rules For Hull"
- [4] Sonief.A.As'ad, 2003, "Diktat Metode Elemen Hingga", Malang : Universitas Brawijaya.
- [5] ANSYS, Inc., 2005, "Structural Analysis Guide", ANSYS Release 11.0 Documentation.
- [6] Surjo W.Adji, 2005 "Engine Propeller Matching"
- [7] ACI Committee 351, 2004 "Foundation for Dynamic Equipment"