

ANALISA KEKUATAN STRUKTUR PONDASI MESIN DENGAN INTERAKSI TRUST BLOCK PADA KAPAL ROPAX 5000 GT DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

Bayu Adityo Nugroho¹, Imam Pujo Mulyatno², Kiryanto²

¹) Mahasiswa S1 Teknik Perkapalan, Universitas Diponegoro

²) Staff Pengajar S1 Teknik Perkapalan, Universitas Diponegoro

Email: bayu_an_2@yahoo.co.id

Abstrak

Konstruksi struktur pondasi mesin pada kapal adalah salah satu struktur yang sangat penting, dikarenakan konstruksi ini menerima beban dari mesin itu sendiri serta gaya dorong kapal yang diteruskan dari *thrust block* sehingga mengakibatkan terjadinya tegangan pada pelat pelat bagian pondasi mesin tersebut. Kekuatan konstruksi pondasi mesin dianalisa dengan menggunakan Metode Elemen Hingga (MEH). Beban yang disimulasikan pada konstruksi pondasi mesin meliputi beban dari berat mesin utama sebesar 336.85 kN, H momen yaitu kondisi dimana mesin mendapat gaya searah dari sumbu Z sebesar 55 kN, X momen yaitu kondisi dimana mesin mendapat gaya yang berlawanan dan searah sumbu Z sebesar 43 kN, L momen yaitu kondisi dimana mesin mendapat gaya yang searah dari sumbu X sebesar 18 kN, serta daya dorong kapal sebesar 87.15 kN. Material yang digunakan adalah baja *grade* A-BKI ASTM A131, Grade AH36 dengan modulus elastisitas sebesar 200 GPa dan *poisson ratio* sebesar 0,29. Sedangkan *rules* yang digunakan adalah *standart rules* dari Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). Dilakukan studi lapangan serta studi literatur untuk mendapatkan data-data yang diperlukan, kemudian melakukan pengolahan data yang dilanjutkan dengan pembuatan model, dalam hal ini pembuatan model dilakukan di salah satu program yang berbasis *software* elemen hingga. Struktur yang dianalisa dibagi dalam elemen-elemen yang lebih kecil (*mesh*) dalam jumlah yang berhingga dengan pemberian nilai kondisi batas struktur yang disimulasikan. Dengan simulasi pada metode elemen hingga dapat diketahui karakteristik dan letak tegangan maksimum sebuah struktur berdasarkan simulasi pembebanan. Dari hasil analisa didapatkan hasil tegangan *von misses* maksimum sebesar 96.2 N/mm² pada *node* 36922 atau pada gading nomor 33 pada daerah kamar mesin akibat akumulasi dari *thrust block*. Hasil analisa yang didapatkan kemudian dibandingkan dengan perhitungan tegangan izin berdasarkan *rules* Biro Klasifikasi Indonesia yaitu sebesar 116.36 N/mm², dimana hasil analisa yang didapat menggunakan program bantu berbasis metode elemen hingga masih dalam ketentuan dari *rules* Biro Klasifikasi Indonesia. Selain itu, tegangan *von misses* maksimum yang terjadi masih memenuhi standar faktor keamanan yang ditentukan Biro Klasifikasi Indonesia yaitu harus lebih dari 1, dimana nilai yang didapat yaitu sebesar 2.44.

Kata kunci : Kapal *ferry*, Pondasi Mesin, Tegangan Von Misses, Tegangan Maksimum, Faktor Keamanan, Metode Elemen Hingga

Abstract

The engine foundation structure construction on the ship is one of the most important structure, this is caused of this construction receives load from the engine itself and also the ship's thrust force which is transmitted from the thrust block with the result that the stress occurs on that engine foundations plates. The strength of engine foundation construction is analyzed with finite element method (FEM). The loads which are simulated on the engine foundation construction cover the load from main engine heaviness as much as 336.85 kN, H moment where main engine

receive load in the same direction from Z axis as much as 55 kN, L moment where main engine receive load in the same direction from X axis as much as 18 kN, X moments where main engine receive load in the same and antipodes direction from Z axis as much as 43 kN, and thrust ship power as much as 87.15 kN. With material in use is steel grade A-BKI ASTM A131, Grade AH36 with elasticity modulus as much as 200 GPa and poisson ratio as much as 0,29. Whereas the rule used is standard rule from Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). Field research and literary research have been done to collect the necessary data's, after that the writer does data processing which is continued with model creating, in this case, model creating is done in a program that based on finite element method. In finite element method, the structure which is analyzed is parted to the smaller and more simple elements (mesh) in finite number with the giving value of structure boundary condition which is simulated. From the analysis, the writer finds result of maximum von misses stress as much as 96.2 N/mm^2 on node 36922 or on frame number 33. The result of the analysis which is gotten will be compared with the calculation of permit stress based on rules of Biro Klasifikasi Indonesia as much as 116.36 N/mm^2 . Result of the analysis found uses auxiliary program with the finite element method, this is still in the certainty from the rules of Biro Klasifikasi Indonesia. Besides, the maximum von misses stress occurs still able to fulfill safety factor standard which is determined by Biro Klasifikasi Indonesia, that is the safety factor standard should be more than 1, where the score obtained as much as 2.44.

Key words : Ferry, Engine Foundation, Von Misses Stress, Maximum Stress, Safety Factor, Finite Element Method

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kapal adalah alat transportasi yang mampu beroperasi dilaut dengan kemampuan sistem yang sangat kompleks. Dan salah satu jenis kapal yang dibangun adalah kapal Ropax yang bisa mengangkut muatan manusia, barang, serta kendaraan. Dimana di kapal ropax ini kenyamanan sangat diperhatikan, karena di kamar mesin pasti terjadi getaran yang cukup besar yang bisa berdampak pada tingkat kenyamanan, umur alat, serta kebisingan. Dalam sebuah sistem konstruksi, kekuatan merupakan struktur terpenting dalam sebuah kapal sebab fungsinya adalah untuk menjamin keselamatan daripada awak kapal, penumpang, dan muatannya. Pondasi mesin merupakan salah satu konstruksi yang cukup penting karena menopang beban mesin induk dan menahan tahanan dari trust block, selain itu pondasi mesin induk secara efektif harus dapat menjamin keamanan dari struktur lambung kapal untuk menahan berbagai macam variasi gaya yang terjadi. Diperlukan suatu pengujian yang melibatkan pihak pihak terkait *main engine* seperti *engine designer, manufacturer, dan system supplier* untuk melakukan serangkaian pengujian tertentu. Pengujian yang dilakukan diharapkan menghasilkan suatu konstruksi pondasi mesin yang kokoh, serta cara cara perbaikan dengan pengelasan pada konstruksi pondasi mesin dengan efektif dan efisien.

Pondasi adalah bagian terbawah dari suatu struktur yang berfungsi menyalurkan beban dari struktur di atasnya. Dalam struktur apapun beban yang terjadi baik yang disebabkan oleh berat sendiri ataupun akibat beban rencana harus disalurkan ke dalam suatu lapisan pendukung, dalam hal ini adalah konstruksi *bottom* di bawahnya. Pondasi mesin induk pada kapal secara efektif harus dapat menjamin keamanan dari struktur lambung kapal untuk menahan berbagai macam variasi gaya yang dapat memberikan beban pada pondasi tersebut. Pemasangan pondasi mesin dibuat sedemikian rupa sehingga kelurusan sumbu poros mesin dengan poros baling-baling tetap terjamin. Kekakuan pondasi mesin dan konstruksi dasar ganda di bawahnya harus mencukupi persyaratan.



Gambar 1.1 Kapal ropax 5000 GT

1.2 Perumusan Masalah

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

1. Bagaimana kekuatankonstruksi pondasi mesin induk?
2. Apakah konstruksi pondasi mesin dalam kondisi aman/kondisi tegangan yang diijinkan sesuai dengan rules BKI(Indonesia) setelah dilakukan analisa?
3. Bagaimanakah karakteristik tegangan pada konstruksi pondasi mesin tersebut?

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*
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 *engine bed*, pondasi mesin, dan *bottom* kapal
6. L/H/X moment hanya diambil pada simpangan terjauh

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 dari mesin induk kapal karena getaran dan berat mesin.
2. Mengetahui faktor keselamatan pada konstruksi pondasi mesin.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pondasi Mesin

Mesin utama kapal merupakan beban lokal yang besar pada tempat peletakannya di kapal atau

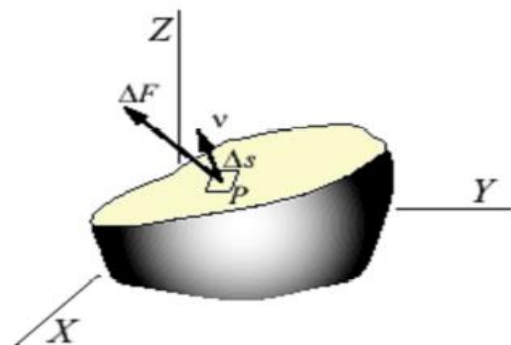
pondasi mesin induk. Pondasi mesin induk merupakan suatu sarana pengikat agar mesin utama tersebut tetap tegak dan tegar pada posisi yang telah ditetapkan atau supaya mesin menjadi satu kesatuan dengan kapalny sendiri. Pondasi harus dirancang untuk dapat menyebarkan beban beban pada mesin induk secara merata pada struktur lambung kapal, sehingga pondasi mesin induk secara efektif harus dapat menjamin keamanan dari struktur lambung kapal untuk menahan berbagai macam variasi gaya yang dapat memberikan beban pada pondasi tersebut.



Gambar 2.1 Pondasi mesin kapal ropax 5000 GT

2.2 Tegangan

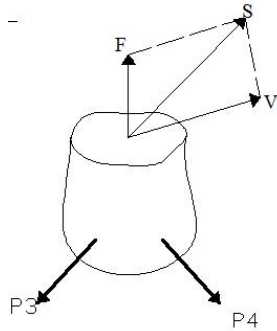
Pada umumnya tegangan adalah gaya dalam yang bekerja pada luasan yang kecil tak berhingga pada sebuah potongan dan terdiri dari bermacam – macam besaran dan arah.



Gambar 2.2 Pengirisan sebuah benda

Pada umumnya, intensitas gaya yang bekerja pada luasan kecil tak berhingga pada suatu potongan berubah – ubah dari suatu titik ke titik yang lain,

umumnya intensitas gaya ini berarah miring pada bidang potongan. Penguraian intensitas ini pada luas kecil tak berhingga diperlihatkan pada gambar 2.3. Intensitas gaya yang tegak lurus atau normal terhadap irisan disebut tegangan normal (normal stress) pada sebuah titik.



Gambar 2.3 Komponen normal dan geser dari tegangan geser

2.3 Hubungan Tegangan dan Regangan

Hubungan tegangan-regangan pada suatu bahan homogen isotropik, elastis didasarkan pada hukum Hooke untuk tegangan tiga dimensi. Hukum Hooke dinyatakan dengan persamaan $\sigma = E \times \varepsilon$ atau $E = \sigma / \varepsilon$ dimana persamaan tersebut menunjukkan bahwa tegangan berbanding lurus dengan regangan, dimana tetapan perbandingan adalah E . Tetapan E ini disebut dengan modulus elastisitas atau modulus Young. Nilai Modulus elastis merupakan suatu sifat yang pasti dari suatu bahan. Untuk kebanyakan baja, E berharga antara 200 dan $210 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ atau $E = 210 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$.

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 :

$$FS = \frac{\sigma \text{ ijin}}{\sigma \text{ maks}}$$

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 kontinyu. Sistem yang kontinyu adalah istilah dari kondisi struktur atau objek yang sebenarnya. Diskritisasi 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.

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 mechanics (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*

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 ROPAX 5000 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 studilapangan yang dilakukan secara langsung.
2. Metode yang dilaksanakan adalah wawancara dan observasi lapangan.
3. Waktu dan tempat penelitian diPT. DUMAS Tanjung Perak Shipyard, Surabaya.

3.2 Studi Literatur

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

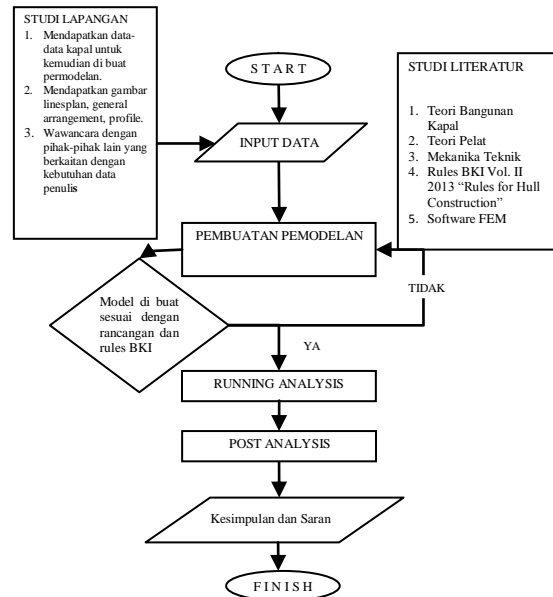
3.3 Pembuatan Model

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 5000 GT

Kapal Ropax 5000 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	: Ropax 5000 GT
Owner	: DIRJEN LL ASDP
Loa	: 109.04 meter
Lpp	: 99.20 meter
B_{deck}	: 19.60 meter
B_{wl}	: 18.94 meter
H	: 5.60 meter
T	: 4.10 meter
V_s	: 16.00 knots
Cb	: 0.55

Main Engin Spesification :

Type : Yanmar 6N330-EW

Weight : 34 ton
 Length : 7.18 meter
 Output : 2574 kW (3500 hp)
 Rpm engine : 620 rpm
 Power Transmission (Fly Wheel and Flexible coupling) :
 Type : RATO 3411-2300
 Weight : 338 kg

Gearbox Specification :

Type : Yanmar YX-3500C
 Weight : 9.10 ton
 Input : 2574 kW (3500 hp)

4.2 Perhitungan Beban

4.2.1 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.

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

$$= 34 \text{ ton} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$= 333.54 \text{ kN}$$

Antara mesin dan *gearbox* terdapat kopling sebagai penerus gaya, maka :

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

$$= 0.338 \text{ ton} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$= 3.31 \text{ kN}$$

$$\text{Load per element} = W_{me} + W_{kopling} / \text{jumlah element}$$

$$= 333.54 + 3.31 \text{ kN} / 16$$

$$= 21.05 \text{ kN}$$

Dikarenakan mesin diasumsikan dalam keadaan hidup maka terdapat getaran yang menyebabkan penambahan beban, beban yang dimaksud adalah beban dari nilai H momen, X momen, dan L momen. Nilai momen yang terjadi diambil yang terbesar sebagai simpangan terjauh yang terjadi. Untuk mesin Yanmar 6N330-EW ini didapat nilai maksimal dari masing masing momen adalah sebagai berikut : H momen 55 kN, X momen 43 kN, L momen 18 kN

4.2.2 Beban Gearbox

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

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

$$= 9.1 \text{ ton} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$= 89.27 \text{ kN}$$

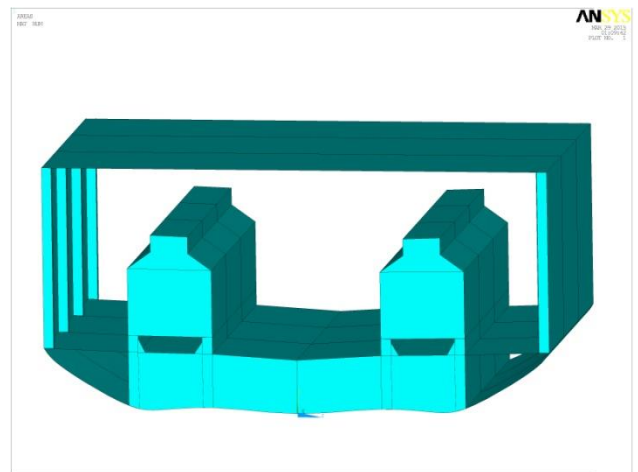
$$\text{Load per element} = W_{gearbox} / \text{elemen}$$

$$= 89.27 \text{ kN} / 16$$

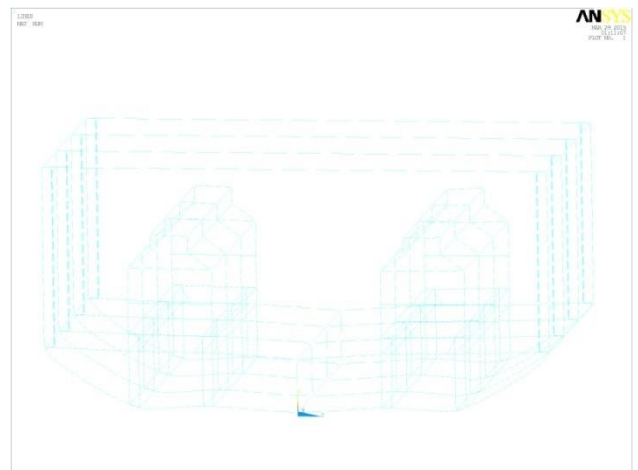
$$= 5.58 \text{ kN}$$

4.3 Geometri Model

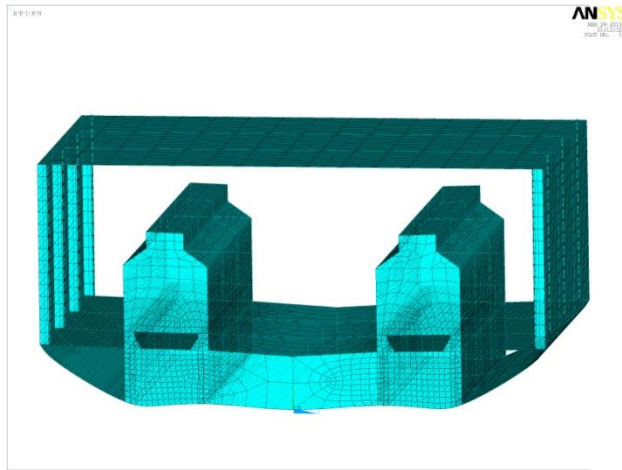
Pemodelan dalam *software* ANSYS akan mendapatkan model seperti berikut :



Gambar 4.1 Model ANSYS



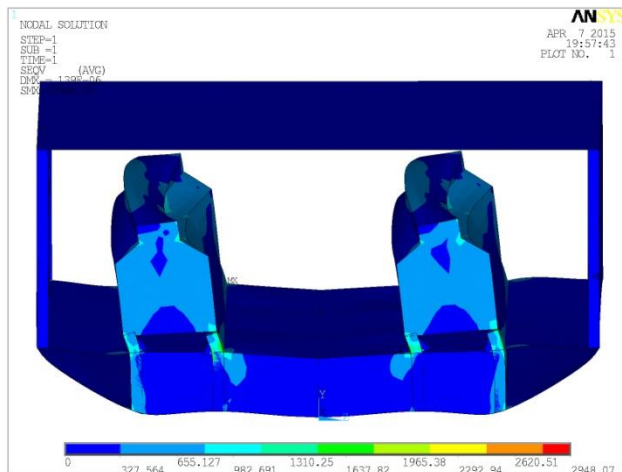
Gambar 4.2 Model ANSYS



Gambar 4.3 Meshing pada ANSYS

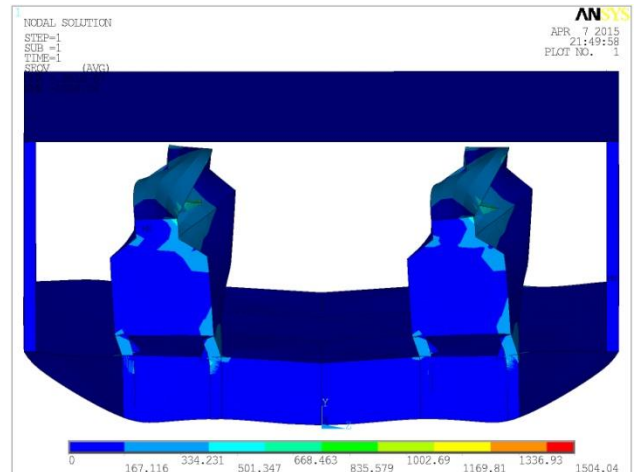
4.4 Output Data

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



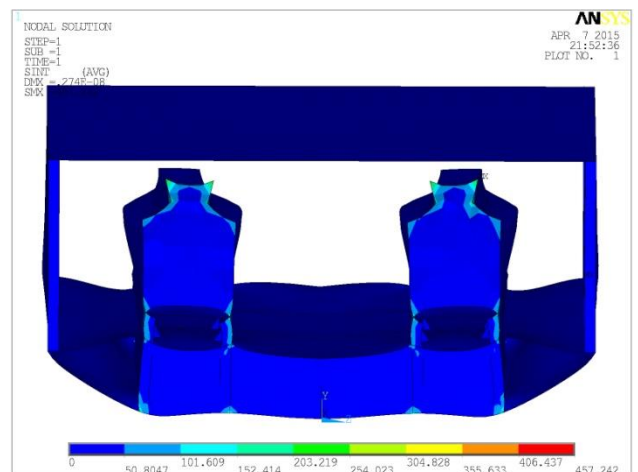
Gambar 4.4 H mode

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa mesin mendapat gaya searah dari sumbu Z yang menyebabkan terjadinya H mode.



Gambar 4.5 X mode

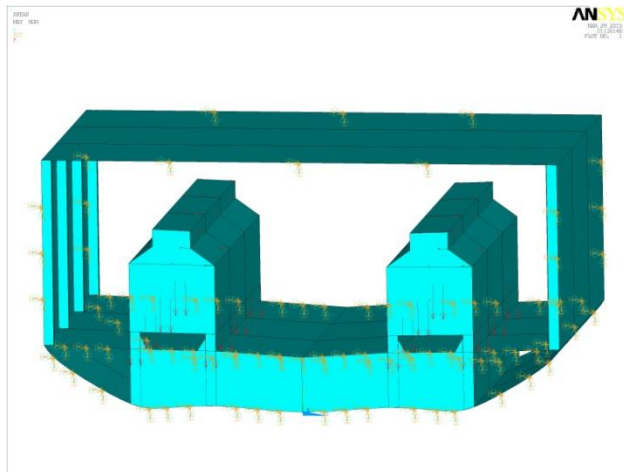
Gambar 4.5 menunjukkan bahwa mesin mendapat gaya yang berlawanan dan searah dari sumbu Z menyebabkan terjadinya X mode.



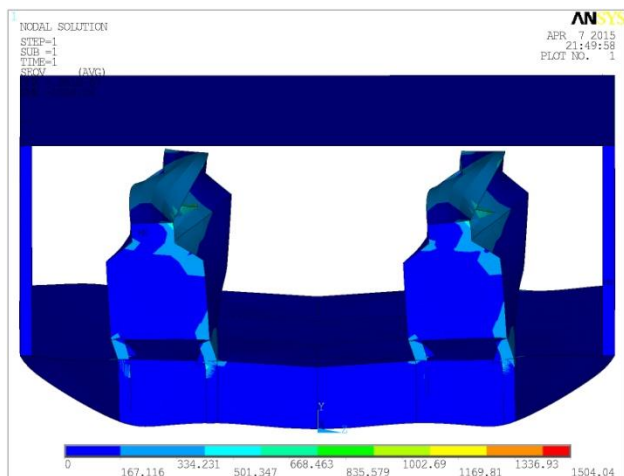
Gambar 4.6 L mode

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa mesin mendapat gaya yang searah dari sumbu X menyebabkan terjadinya L mode.

Kemudian disimulasikan H, X, dan L mode secara bersamaan seperti pada gambar 4.7



Gambar 4.7 Simulasi pembebanan pada ANSYS Mechanical APDL



Gambar 4.8 Output Stress ANSYS

Dari hasil analisa *software* ANSYS *mechanical APDL* didapatkan sebuah hasil yang ditunjukkan pada gambar 4.8 dimana tegangan *von mises* maksimum adalah sebesar 96.2 N/mm² sesuai dengan gradasi warna yang tertera semakin merah maka semakin besar tegangan *von mises*.

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_{eH}), sesuai dengan rules BKIVol II section 2 B 1.1 :

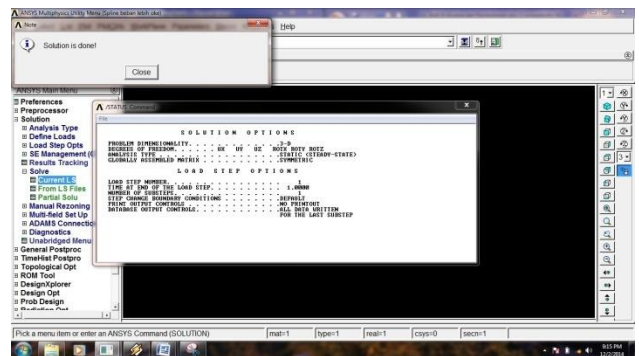
$$SF = \frac{\text{tegangan ultimate}}{\text{tegangan maksimum}}$$

$$= \frac{235}{96.2}$$

$$= 2.44$$

4.6 Validasi pemodelan dengan ANSYS

Validasi dilakukan setelah pemodelan selesai, tujuan validasi adalah untuk mengoreksi elemen elemen model yang dibuat. Pada pemodelan ANSYS *Mechanical APDL* akan ada validasi yang muncul apabila ketika kita selesai melakukan proses *running* pada model.



Gambar 4.9 Validasi pada ANSYS

Ketika proses *running* selesai, maka akan muncul pada pojok kiri atas layar sebuah *dialog box* yang betuliskan “*solution is done!*”, hal ini berarti tidak ada masalah pada pembuatan model dan *meshing* sehingga didapat bisa didapat *result* dari model yang dianalisa.

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

$$\sigma_{Pr} = \sigma_{perm} + \sigma_{LB} - 2[(\sigma_{LB} + \sigma_{LD})/H]$$

$$\sigma_{perm} = (0,8 + L/450)230/k$$

$$\sigma_{perm} = \frac{(0,8 + \frac{99,60}{450}) 230}{1} = 118,92 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{LB} = \frac{|M_{sw}| + 0,75 \times |M_{wv}|}{(w \times 10^3)/f}$$

$$\sigma_{LB} = \frac{|176615,05| + 0,75 \times |159509,15|}{\frac{3,0810^3}{1}}$$

$$= 1,54 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{LD} = C_s \times \sigma_{po}$$

$$\sigma_{LD} = 1 \times 9,98$$

$$\sigma_{po} = 1 \frac{\sqrt{L}}{k}$$

$$\sigma_{po} = 1 \frac{\sqrt{99,60}}{1} = 9,98$$

$$M_{sw} = M_T - M_{wv}$$

$$M_T = \sigma_p W_D (a) 10^3 / f$$

$$M_T = 143,3 \times 3,08 \times \frac{10^3}{1} = 441,364 \text{ KN m}$$

$$W = \frac{M_T}{\sigma_T 10^3}$$

$$W = \frac{441,36}{143,310^2} = 3,08 \text{ m}^3$$

$$\sigma_{Pr} = 118,92 + 1,54 - 2 \left[\frac{(1,54 + 9,98)}{5,6} \right]$$

$$= 116,36 \text{ N/mm}^2$$

Berdasarkan perhitungan dari rumus tegangan ijin BKI didapat hasil 116.36 N/mm² sedangkan dari hasil analisa software didapat hasil 96.2 N/mm², maka dapat ditarik kesimpulan bahwa analisa software tidak melebihi perhitungan manual tegangan ijin BKI.

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa kekuatan struktur pondasi mesin induk KAPAL ROPAX 5000GT dengan

menggunakan program bantu ANSYS *Mechanical APDL* dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pondasi mesin induk harus dapat menahan berbagai macam variasi beban gravitasi, yang terdiri dari mesin induk dan gearbox meliputi berat dan torsi, dan beban gaya dorong mesin induk yang ditahan *thrust block* (dalam hal ini *gearbox*)
2. Tegangan *von mises* maksimum terjadi pada pembebanan statis konstuksi pondasi mesin induk pada node 36922 atau gading nomer 33 dengan nilai sebesar 96.2 N/mm²
3. Safety Factor pada kondisi pembebanan terberat yang terjadi pada node 36922 atau gading nomer 33 adalah 2.44 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. Kesalahan dalam membuat geometri model akan mempengaruhi keakuratan perhitungan.
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. Dengan demikian hasil yang akan didapat mendekati kondisi sesungguhnya.
3. Penggunaan *software* ANSYS *Mechanical APDL* sangat baik untuk analisa struktur kapal, diharapkan diadakan penelitian lebih lanjut dalam analisa struktur kapal menggunakan *software* tersebut.
4. Penggunaan *software* ANSYS *Mechanical APDL* yang membutuhkan komputer ataupun laptop yang berspesifikasi tinggi sehingga harus menyesuaikan dengan keperluan *software* tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- ANSYS, Inc., 2005, “*Structural Analysis Guide*”, ANSYS Release 11.0 Documentation.
- ANSYS, Inc., 2005, “*Ansys, Inc. Theory Reference*”, ANSYS Release 11.0 Documentation.
- Logan. L. Daryl, “*A first Course in the Fenite Element Method*”, Platteville : University of Wisconsin.
- Sonief.A.As’ad, 2003, “*Diktat Metode Elemen Hingga*“, Malang : Universitas Brawijaya.
- Widianto, Eko. Jokosisworo, Sarjito, 2011, “*Analisa Kekuatan Pondasi Mesin Pada MT. NSL-IV Karena Perubahan Kapasitas Main Engine Di PT. Jasa Marina Indah Dengan Metode Elemen Hingga*”, Semarang : Universitas Diponegoro.
- Nuruz Zaman, Anton. Jokosisworo, Sarjito. Yudo, Hartono, 2011, “*Analisa Tegangan Pondasi Mesin Induk Kapal DCV 18500 DWT*”, Semarang : Universitas Diponegoro
- Popov, E. P. 1978. “*Mechanics of Materials, 2nd edition*”, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, USA