

Analisis Kekuatan Struktur Pondasi Mesin Induk di Bangunan Baru

Kapal Tanker 6500 LTDW dengan Menggunakan *Software Ansys*

Wido Juni Wijanarko^{1*}, Adi Wirawan Husodo², dan Eky Novianarenti³

Program Studi Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri
Surabaya, Surabaya 60111^{1,2,3*}

E-mail: widojuni@student.ppps.ac.id

Abstract

The strength construction to know the reaction that received in the construction to keep from a load, this aims to determine the safety and security of a construction. This research will find equivalent stress value from a main engine foundation because loading from main engine weight and main engine operation to customized with Class standard and to find safety factor value. The load modelling will use Ansys Workbench 17.2, the method will use to analisis is a Finite Element metode to find stress value. This method will be used when doing meshing in the Ansys Software. Meshing used size meshing 700 mm and fine for type mesh. The result have got the maximum stress value occurs at main engine Trial Conditions with power at 100% got 237,8 MPa. Of All conditions analysis that have done have safety factor exceed than 1, maximum safety factor got 1,144 when main engine trial condition, so this constructions confirmed safety construction. Then, maximum equivalent stress not permitted exceed 264,37 MPa because it regulated from Class. Critical Area will receive in the frame number 22.

Keywords: *Critical Area, Equivalent stress, Main Engine Foundation, Safety Factor*

1. PENDAHULUAN

Kapal adalah transportasi air dengan bentuk dan jenis apapun, yang digerakkan dengan mekanik, tenaga mesin atau tunda, termasuk kendaraan yang berdaya dukung dinamis, kendaraan di bawah air, serta alat apung dan bangunan terapung yang tidak berpindah - pindah (Suranto, 2004). Jenis kapal terdapat seperti kapal tanker, kapal general cargo, kapal kontainer, kapal perang dan lain - lain. Kapal tanker adalah jenis kapal niaga yang mengangkut muatan cair ataupun gas. Prinsip dalam merancang suatu konstruksi adalah membuat konstruksi yang sesuai regulasi untuk sebuah keamanan dan keselamatan. Salah satu konstruksi pada kapal adalah pondasi mesin kapal yang terletak di kamar mesin.

Pondasi mesin adalah untuk menopang *main engine* kapal yang bekerja. Pentingnya konstruksi pondasi *main engine* agar posisi tidak mengalami perubahan posisi yang dapat mempengaruhi kinerja *main engine*. Kekuatan konstruksi tersebut untuk mengetahui sebuah nilai seberapa besar reaksi yang mampu diterima oleh konstruksi tersebut agar mampu bertahan dari

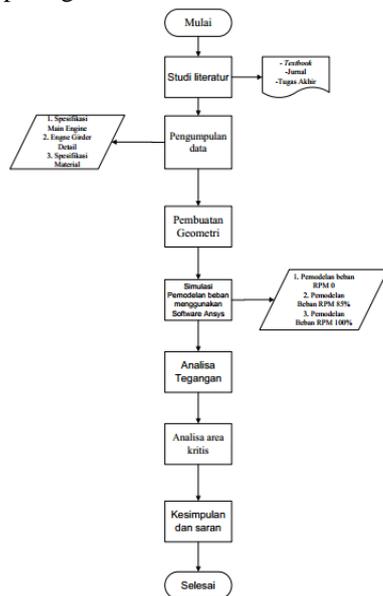
beban yang diterimanya. Karena pondasi mesin induk menerima beban terus - menerus ketika mesin induk bekerja yang mengakibatkan adanya tegangan di material tersebut nantinya, sehingga nantinya pada penelitian selanjutnya bisa dihitung tingkat kelelahan material dan umur material.

Dengan demikian, dalam penelitian ini akan dilakukan analisis kekuatan struktur pondasi mesin bangunan baru di kapal tanker 6500 LTDW. Hal ini selanjutnya diharapkan dapat menjadi rekomendasi bagi perusahaan untuk perencanaan desain dan pemilihan material di konstruksi tersebut.

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut : 1. Bagaimana pemodelan pembebanan pada konstruksi pondasi mesin induk?, 2. Berapa nilai tegangan von mises yang terjadi akibat pembebanan pada konstruksi pondasi?, 3. Apakah konstruksi pondasi mesin pada tegangan yang diijinkan sesuai standar *rules* Biro Klasifikasi Indonesia?, 4. Dimana lokasi kritis akibat beban yang terjadi di pondasi mesin induk?

2. METODOLOGI

Dalam melakukan penelitian ini maka diperlukan beberapa langkah diantaranya dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 1 Langkah – Langkah Penelitian

2.1 Struktur Konstruksi Kapal

Merancang struktur adalah tindakan menempatkan unsur - unsur pokok dan merumuskan hubungan - hubungan timbal baliknya dengan tujuan menanamkan karakter yang diinginkan pada entitas struktur sebagai resultannya. Gagasan bahwa unsur - unsur itu ditempatkan dan hubungan itu berkaitan erat dengan setiap unsur - unsur merupakan konsep dasar merancang struktur.[6]

2.2 Kapal Tanker

Kapal Tanker adalah alat transportasi yang dispesifikasikan untuk mengangkut beberapa jenis muatan minyak, tidak hanya dari tempat pengeboran menuju darat, namun tanker juga digunakan untuk sarana angkut perdagangan minyak antar pelabuhan atau antar pulau bahkan sering juga antar negara. [6]

2.2 Tegangan

Tegangan adalah gaya dalam bekerja pada luasan yang kecil tak hingga pada sebuah potongan dan terdiri dari beberapa macam besaran dan arah, sehingga gaya – gaya dalam merupakan vektor dalam alam dan bertahan dalam keseimbangan terhadap gaya luar terpakai.[6]

2.2.1 Tegangan Gabungan

Tegangan yang terjadi pada penampang ataupun tumpuan bisa menjadi tegangan normal dan tegangan lentur (normal stress - bending stress), tegangan normal dan tegangan geser (*normal stress - shear stress*) ataupun biaxial stress.

2.3 Defleksi

Meskipun sebuah material memiliki nilai yang baik terhadap momen tumbuk dan gesernya, tetapi untuk nilai defleksi belum tentu memiliki nilai yang baik. Umumnya besarnya nilai defleksi karena kekakuan material meskipun kekuatannya memadai. Sehingga, bagaimanapun nilai defleksi selalu dipertimbangkan dalam design konstruksi ataupun proses analisis konstruksi.

2.4 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*. Pada umumnya langkah yang terpenting adalah menentukan Material, Meshing dan Solutions.[3]

3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab berikut ini dijelaskan proses mendapatkan hasil simulasi, mulai dari proses data penelitian hingga proses analisis area kritis.

3.1 Data Penelitian

3.1.1. Data Kapal

Data utama kapal tersebut ditunjukkan oleh

tabel 1:

Tabel 1 Data Utama Kapal

Type	Tanker
Length Over All	108,00 m
Length Of Waterline	103,80 m
Length Of Perpendicular	102,00 m
Breadth Moulded	19,20 m
Depth Moulded	9,30 m
Draught Desain	6 m
Service Speed	12,00 knots
Complement	20 Persons

3.1.2 Data Mesin Induk

Data mesin induk Hanshin tipe LH46L ditunjukkan oleh tabel 2:

Tabel 2 Data Mesin Induk

Power	2942 KW
Speed	200 RPM
Bore	460 mm
Stroke	880 mm
Mass	78 ton

3.1.3 Data Material Konstruksi Pondasi Mesin

Data material konstruksi pondasi mesin ditunjukkan oleh tabel 3:

Tabel 3 Spesifikasi Material

Type material	A36
Modulus Elastisitas	200 GPa
Coefficient of Thermal Expansion	$1,2 \times 10^{-5}/c$
Yield Stress	272 N/mm ²
Tensile Stress	479 N/mm ²
Density	7850 Kg/m ³
Poison Ratio	0,3

3.2 Pemodelan 3D Pondasi Mesin Induk

Pemodelan pondasi mesin induk Kapal Tanker 6500 LTDW yang dibangun di PT Dok Perkapalan Surabaya. Mesin induk akan ditopang oleh 2 plat memanjang dan 12 plat melintang. Plat melintang akan berda di frame 16 sampai dengan frame 28. Dapat terlihat pada gambar 2:



Gambar 2 Pemodelan 3D Pondasi Mesin Induk

3.3 Perhitungan Beban

a. Pada saat RPM 0

Pada saat kondisi kapal diam atau sedang bersandar maka mesin induk kapal dalam kondisi tidak beroperasi. Pada kondisi ini maka beban yang akan diterima oleh pondasi mesin induk bangunan baru kapal tanker 6500 LTDW ini adalah beban mesin induk sendiri yakni 78 ton. Pembebanan digunakan untuk proses meshing. Sehingga dapat dihitung beban memanjang sebagai berikut:

$$F = 78000 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 765180 \text{ N} = 765,18 \text{ KN}$$

$$w = \frac{765,18 \text{ KN}}{8,4 \text{ m}} = 91,093 \text{ KN/m}$$

Dan untuk beban melintang juga dapat dihitung dengan :

$$F = \frac{78000 \text{ kg} + (2 \times 4038,825 \text{ kg})}{2 \times 12} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 35184,239 \text{ N} = 35,184 \text{ KN}$$

$$w = \frac{35,184,239 \text{ N}}{1,6 \text{ m}} = 21.990,149 \text{ N/m}$$

b. Pada saat RPM 85%

Pada saat kondisi beroperasi maka beban yang diterima oleh pondasi mesin induk adalah massa mesin induk tersebut dan daya dari luar yang diterima karena adanya getaran dari mesin induk

tersebut. Perhitungan beban yang digunakan adalah torsi yang dihasilkan mesin induk tersebut. Maka beban yang diterima ketika mesin induk dalam kecepatan dinas sebagai berikut:

$$P(85\%) = 0,85 \times P(100\%) = 0,85 \times 2942 = 2500,7 \text{ KW}, \text{ maka}$$

$$\tau = \frac{2500,7 \times 6000}{2\pi \times 200} = 119393,96 \text{ N.m}$$

$$\tau = 119,393 \text{ KN.m}$$

Sehingga momen torsi ini akan dibagi sepanjang mesin yakni:

$$F = \frac{\tau}{x} = \frac{119,393 \text{ kn.m}}{7,734 \text{ m}} = 15,508 \text{ KN}$$

Jadi massa mesin akan ditambah beban tambahan diatas :

$$F \text{ total} = 765,18 + 15,508 = 780,688 \text{ KN}$$

$$w \text{ total} = \frac{780,688 \text{ KN}}{8,4 \text{ m}} = 92,939 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

Dan untuk beban melintang juga dapat dihitung dengan :

$$F \text{ total} = 35,184 + 15,508 = 50,692 \text{ KN}$$

$$w \text{ total} = \frac{50,692 \text{ KN}}{1,6 \text{ m}} = 31,683 \text{ KN/m}$$

c. Pada saat RPM 100%

Pada saat kondisi *trial* adalah kondisi sebuah mesin induk kapal bekerja maksimal untuk mengetahui performa kapal sesuai dengan buku paduan yang diberikan atau tidak. Maka beban yang diterima oleh pondasi mesin induk adalah massa mesin induk tersebut dan beban dari luar yang diterima karena adanya kinerja mesin induk tersebut. Beban yang diterima ketika mesin induk dalam kecepatan dinas sebagai berikut:

$$\tau = \frac{2942 \times 6000}{2\pi \times 1000} = 140470,15 \text{ N.m} = 140,47 \text{ KN.m}$$

Sehingga beban merata ini akan dibagi sepanjang mesin sehingga menjadi:

$$w = \frac{\tau}{x} = \frac{140,47 \text{ KN.m}}{7,734 \text{ m}} = 18,163 \text{ KN}$$

Jadi massa mesin akan ditambah beban tambahan menjadi:

$$F \text{ total} = 765,18 + 18,163 = 783,343 \text{ KN}$$

$$w \text{ total} = \frac{783,343 \text{ KN}}{8,4 \text{ m}} = 93,255 \text{ KN/m}$$

Dan untuk beban melintang juga dapat dihitung dengan :

$$F \text{ total} = 35,184 + 18,163$$

$$= 53,347KN$$

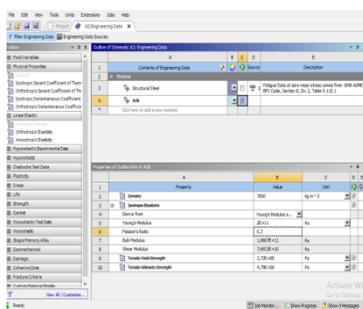
$$w_{total} = \frac{53,347 KN}{1,6 m} = 33,342 KN/m$$

- Dimana: P : Daya Mesin Induk (KW)
 τ : Torsi (N.M)
 n : putaran mesin (RPM)
 F : Beban Terpusat (KN)
 w : beban (KN/m)

3.4 Analisa Pembebanan

a. Penentuan Engineering Data

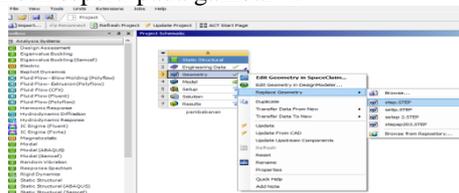
Material yang tidak tersedia di pilihan engineering data maka dapat membuat data material baru sesuai yang dibutuhkan. *Input* data material dapat kita pilih di *menu Engineering data* seperti gambar 3



Gambar 3 Penentuan Engineering Data Material A36

a. Memasukkan geometri

Pada tahap ini model telah desain sesuai pemodelan 3D pondasi mesin memasukkan geometri seperti pada gambar 4.



Gambar 4 Memasukkan Desain

b. Memasukkan geometri

Pada tahap ini model telah desain sesuai pemodelan 3D pondasi mesin memasukkan geometri seperti pada gambar 5:

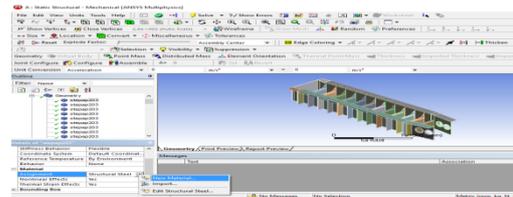


Gambar 5 Memasukkan Desain

3.4.1 Preprocessor

a. Menerapkan Data Material

Pada tahap ini data tersebut akan dimasukkan untuk proses analisis seperti pada gambar 6:



Gambar 6 Menerapkan Data Material

b. Meshing

Pengaturan *meshing* yang digunakan adalah menggunakan *type meshing fine* dan *size meshing 700 mm*. Ukuran *meshing* disesuaikan dengan desain dan kemampuan komputer, dikarenakan desain yang digunakan terlalu besar dan kompleks maka *size meshing* saya juga besar. pada analisis ini menunjukkan hasil *nodes* dan *element* sesuai dengan tabel 4:

Tabel 4 Hasil Statistik Jumlah Elements dan Nodes

Statistik	
Nodes	1751901
Elements	932430

c. Memasukkan Nilai Struktur Statis

Pada tahap ini akan menentukan perpindahan gaya pada struktur atau komponen yang diakibatkan beban yang telah diberikan dalam kondisi tertentu. Pada *Static Structural* maka perlu untuk memasukkan beberapa *constraint* yang terjadi pada konstruksi pondasi mesin induk kapal seperti beban yang akan diterima, letak dan jenis tumpuan. Selanjutnya akan digunakan *fixed support* pada frame di depan dan belakang, frame yang lainnya akan digunakan *role support* dan beban yang di masukkan adalah beban yang telah dihitung dengan arah sumbu Y negatif.

d. Solution

Pada tahap ini menjalankan (*Running*) dari *input* data yang telah dimasukkan. Semakin kompleks geometri desain dan hasil statistik yang dihasilkan padasaat meshing, maka proses ini akan berlangsung lama. Pada pilihan *solutions* dipilih *equivalent stress* dan *Total deformation*.

3.5 Hasil Analisis

Nilai tegangan von mises dan deformasi di dapatkan dari hasil *running* Ansys Workbench 17.2 sesuai sebaran input beban masing – masing kondisi. Hasil tegangan von missen dan deformasi semakin beban meningkat maka nilai tegangan dan deformasi akan semakin meningkat. Tegangan maksimal akan terjadi di ujung frame yang dijadikan sebagai diantara fixed support dengan ujung penampang memanjang. Hasil analisis tegangan von mises dan deformasi pada tiap kondisi dapat diperhatikan tabel 5:

Tabel 5 Hasil Analisis Masing – masing Kondisi

Kondisi	Nilai Maksimal Tegangan Von Misses	Nilai Maksimal Deformasi
Kondisi Daya 0	171,56 Mpa	12,035
Kondisi Daya 85% (Kecepatan Dinas)	228,12 Mpa	16,051
Kondisi Daya 100% (Trial)	237,8 Mpa	16,738 mm

3.4 Faktor Keamanan

Faktor keamanan ini didapatkan dari nilai yang diterima sebuah konstruksi dibagi dengan nilai maksimal yang harus diterima material konstruksi tersebut. Nilai maksimal yang digunakan pada penelitian ini adalah nilai *Yield Stress* yang telah diketahui melalui spesifikasi material yakni 272 MPa. Aturan faktor keamanan melebihi nilai 1 ($SF > 1$). Dapat diperhatikan pada tabel 6:

Tabel 6 Nilai Faktor Keamanan

Kondisi	Faktor Keamanan	Memenuhi / Tidak
Daya 0	$SF = \frac{272}{171,56} = 1,586$	Memenuhi
Daya 85 % (Kecepatan Dinas)	$SF = \frac{272}{228,12} = 1,192$	Memenuhi
Daya 100 % (Trial)	$SF = \frac{272}{237,8} = 1,144$	Memenuhi

3.4 Tegangan yang Diijinkan

Nilai tegangan maksimal dalam konstruksi kapal khususnya pondasi mesin tidak boleh melebihi nilai yang ditentukan yakni:

$$\sigma_{permitted} = \frac{230}{k} = \frac{230}{0,87} = 264,37 \text{ MPa}$$

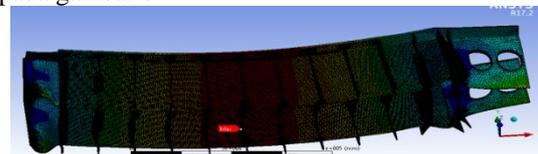
Dari perhitungan diatas bahwa nilai tegangan tidak konstruksi maksimal tidak boleh melebihi 230 MPa. Sehingga dari analisis yang telah mendapatkan nilai tegangan dalam sub bab sebelumnya maka masing-masing kondisi akan mengacu nilai batas tegangan konstruksi kapal tersebut. Nilai tegangan masing – masing sesuai dengan tabel 7:

Tabel 7 Tabel Tegangan Berketerimaan Sesuai Class

Kondisi	Nilai Tegangan (MPa)	Nilai Tegangan Keamanan Class (MPa)	Diterima / Tidak
Daya 0	171,56 MPa	264,37 MPa	Diterima
Daya 85 %	228,12 MPa	264,37 MPa	Diterima
Daya 100 %	237,8 MPa	264,37 MPa	Diterima

3.4 Area Kritis

Area kritis ini harus mendapatkan pengawasan dan perawatan karena ditakutkan nanti akan mengalami patah atau perubahan struktur yang mengakibatkan konstruksi rusak tidak sesuai dengan standart. Area kritis dapat diperhatikan pada gambar 7



Gambar 7 Area Kritis

Dari gambar 13 dijelaskan bahwa area kritis adalah area yang berwarna merah, semakin merah warna menunjukkan bahwa area tersebut kritis tetapi jika area berwarna biru maka area menunjukkan area tersebut aman untuk konstruksi ini. Dari penjelasan tersebut maka didapatkan bahwa area kritis berada di frame 22 di bangunan kapal tanker 6500 LTDW ini atau area yang di tunjukkan dengan panah maksimal. Pada masing – masing kondisi yang menjadi analisis di penelitian ini memiliki area kritis yang sama yakni di frame nomor 22. Dari hasil analisis tersebut hanya nilai deformasi saja yang berbeda. Sesuai yang telah dibahas di sub bab 3.5 bahwa semakin besar beban yang diterima konstruksi maka nilai deformasi juga akan semakin besar sehingga pada kondisi *trial* konstruksi kapal akan mengalami deformasi maksimal, jadi waktu terjadinya nilai maksimal area kritis pada konstruksi pondasi mesin induk kapal tanker 6500 LTDW adalah saat waktu trial.

4. KESIMPULAN

Pada penelitian Analisis Kekuatan Struktur Pondasi Mesin Induk Bangunan Baru Kapal Tanker 6500 LTDW dengan Menggunakan Software Ansys didapatkan kesimpulan bahwa :

1. Nilai pembebanan yang digunakan dalam pemodelan dalam kondisi trial adalah model beban yang terbesar yakni 93,255 KN/m untuk beban melintang dan 33,342 KN/m dibanding dengan beban dalam kondisi pada RPM 0 dan RPM 85%. Beban ini dikarenakan adanya kerja mesin induk yang maksimal pada RPM 100% sehingga nilai

torsi yang didapatkan dari mesin induk juga maksimal.

2. Nilai tegangan von mises yang didapatkan dari hasil simulasi analisis Ansys Workbench 17.2 pada masing – masing kondisi memiliki nilai yakni pada kondisi RPM 0 nilai tegangan 171,56 MPa, pada RPM 85% memiliki nilai tegangan 228,12 MPa dan RPM 100% nilai tegangan 230,8 MPa. Pada kondisi trial pada RPM 100% adalah nilai tegangan maksimal yang diterima oleh konstruksi pondasi mesin induk kapal tanker 6500 LTDW ini. Kondisi trial ini terjadi ketika kapal akan melakukan inspeksi *Sea Trial* saja yakni setiap 5 tahun sekali. Letak tegangan maksimal akan terjadi di antara ujung pelat memanjang dengan area tumpuan, ini terjadi karena menggunakan *Fixed Support* di kedua sekat.

3. Faktor keamanan adalah sebuah nilai faktor yang menunjukkan diterima atau tidaknya sebuah konstruksi karena akan mempengaruhi sebuah keselamatan. Pada faktor keamanan didapatkan melalui nilai tegangan yang diterima oleh konstruksi tersebut dibagi dengan nilai maksimal yang harus diterima konstruksi tersebut. Faktor keamanan harus kurang dari 1 ($SF < 1$) maka konstruksi dikatakan layak. Pada penelitian ini faktor keamanan konstruksi pondasi mesin induk pada kondisi ketika mesin induk tidak beroperasi RPM 0 yakni 0,63 dan dinyatakan aman. Pada kondisi ketika mesin bekerja di kecepatan dinas RPM 85% *safety factor* 0,84 dan dinyatakan aman. Dan pada kondisi ketika mesin induk beroperasi 100% ketika kapal sedang melakukan *Trial* memiliki nilai *safety factor* 0,85 dan dinyatakan aman. Selain faktor keamanan, dalam aturan pembangunan kapal konstruksi kapal harus memenuhi tegangan maksimal yang ditentukan oleh Class sesuai dengan BKI volume II sections 8 maka tegangan maksimal yang diperbolehkan adalah 230 MPa. Pada kondisi RPM 0 dan RPM 85% nilai tegangan dapat diterima karena nilai tegangan kurang dari tegangan maksimal yang ditentukan oleh Class. Tetapi untuk nilai tegangan yang terjadi pada kondisi kapal saat melakukan *Trial* nilai tegangan berada sama dengan nilai maksimal yang telah ditentukan, pada kondisi ini dapat dikatakan diterima karena kondisi mesin induk akan bekerja saat kondisi ini hanya setiap melaksanakan inspeksi yakni 5 tahun sekali sehingga tegangan maksimal pada kondisi ini tidak akan sering diterima pada konstruksi pada pondasi mesin induk dan hanya akan menjadi tegangan kejut saja.

4. Area kritis dapat diketahui setelah mendapatkan hasil analisis dari deformasi yang

terjadi akibat simulasi pembebanan. Pada setiap pembebanan area kritis dapat diketahui pada area tengah konstruksi pondasi mesin induk. Pada frame nomor 22 akan menjadi pusat area kritis karena memiliki deformasi tertinggi.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Puji Syukur saya ucapkan kepada Allah SWT karena berket rahmatnya dapat menyelesaikan penelitian ini. Ucapan terimakasih kepada kedua orangtua dan keluarga yang telah mendukung sepenuhnya. Teman – teman yang mendukung menyelesaikan penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gere, J. M. and Timoshenko, S. P (1997) 'Mechanics of Materials', 4th, pp. 1–64
- [2] Kohnke, P. (1999) 'ANSYS Theory Reference - Release 5.6', p. 1286. Available at: <http://research.me.udel.edu/~lwang/teaching/MEx81/ansys56manual.pdf>.
- [3] Mahendra, I. A. *et al.* (2019) 'Evaluasi pemakaian jenis pintu kedap pada ruang akomodasi kapal tanker'.
- [4] Limbrunner, G. and D'Allard, C. (2016) 'Applied Statics and Strength of Materials 6th edition', p. 2246.
- [5] Nurochman, A. *et al.* (2015) 'Analisa Kekuatan Konstruksi Tank Top Akibat Perpindahan Posisi Dari Generator Set Pada Kapal Accomodation Work Barge (Awb) 5640 Dwt Dengan Metode Elemen Hingga', *Department of Naval Architecture*, 3(4), pp. 472–482.
- [6] Sanjaya, D. D., Sujiatanti, S. H. and Yulianto, T. (2017) 'Analisa Kekuatan Konstruksi Wing Tank Kapal Tanker Menggunakan Metode Elemen Hingga', *Jurnal Teknik ITS*, 6(2).