

Kajian Kekuatan Struktur Pondasi Mesin Induk Harbour Tug Boat

Kintan Muthia Yasmine Emily ✉, Priyambodo Nur Ardi Nugroho, Boedi Herijono

Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

DOI: <https://doi.org/10.31331/maristec.v2i1>

Info Articles

Sejarah Artikel:

Disubmit Mei 2021

Direvisi Juni 2021

Disetujui Juli 2021

Keywords:

Main Engine, Finite Element Method, strength, fatigue life

Abstrak

Mesin induk memiliki berat sendiri, selain itu getaran juga terjadi sehingga semakin berat beban yang ditahan pondasi. Pondasi mempunyai peranan penting sebagai penahan atau penopang beban., sehingga harus lebih kuat menahan getaran yang bersifat dinamis dari mesin induk tersebut. Pemasangan pondasi dibuat sedemikian rupa sehingga kelurusan sumbu poros mesin dengan poros baling-baling tetap terjamin. Permasalahan yang akan dipecahkan adalah berapa beban yang diterima, apakah hasil tegangan tersebut masih memenuhi syarat dari kelas dan berapa estimasi umur dari pondasi. Dengan menggunakan perhitungan mekanika terapan beban yang akan diterima pada pondasi dan perencanaan konstruksi pondasi mesin induk dapat diketahui. Untuk mengetahui hasil dari perencanaan konstruksi menggunakan Metode Elemen Hingga (MEH). Dalam metode elemen hingga struktur yang dianalisis dibagi dalam elemen – elemen yang lebih kecil dan sederhana dalam jumlah yang berhingga dengan pemberian nilai kondisi batas struktur yang disimulasikan. Hasil analisis menunjukkan nilai maximum stress yang didapat adalah bernilai 267,1 MPa, sedangkan nilai tegangan yang diizinkan sebesar 300 N/mm². Sehingga pondasi dapat dinyatakan telah memenuhi syarat dan aman. Untuk analisa fatigue life didapatkan hasil umur pondasi sebesar 34,422 tahun dimana umur tersebut sudah memenuhi syarat asumsi umur 25 tahun.

Abstract

The main engine has its own weight, and vibration also occurs so the heavier the load that the foundation holds. The foundation has an essential role as a retainer or support for the load, so it must be stronger to withstand the dynamic vibrations of the main engine. The installation of the foundation is made in such a way that the alignment of the engine shaft axis with the propeller shaft is guaranteed. The problem to be solved is how much load is received, whether the stress results still meet the class requirements, and the estimated age of the foundation. Using the calculation of applied mechanics, the load that will be received on the foundation and the main engine foundation construction planning can be known. To find out the results of the construction planning using the Finite Element Method. The analyzed structure is divided into smaller and simpler elements in a finite number by giving the value of the simulated structure boundary conditions. The analysis results show that the maximum stress value obtained is 267.1 MPa, while the allowable stress value is 300 N/mm². So that the foundation can be declared to have met the requirements and is safe. For fatigue life analysis, the foundation age is 34,422 years, where the age has met the requirements

PENDAHULUAN

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 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. Pondasi Main Engine Harbour Tug 2X1800HP

METODE

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam kajian ini adalah besaran beban yang diterima pondasi mesin saat engine bergetar. Kemudian apakah pondasi mesin dalam kondisi aman atau kondisi tegangan yang diizinkan setelah dilakukan analisa dengan metode elemen hingga, dan terakhir menghitung estimasi umur pondasi mesin menurut *fatigue life*.

Adapun batasan – batasan masalah dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

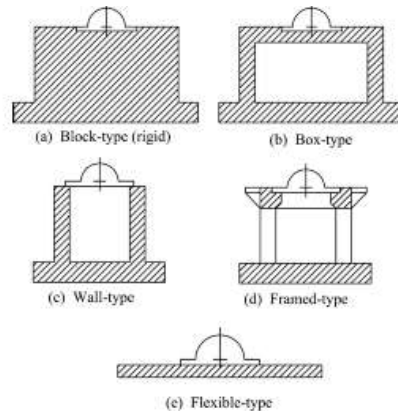
1. Kapal yang dianalisis adalah *Harbour Tug Boat 2x1800 HP* yang dibangun di salah satu galangan di Surabaya.
2. Hanya menganalisa konstruksi pondasi *main engine* tanpa menganalisa konstruksi lainnya.
3. Pemodelan pondasi dibuat dengan bentuk penyederhana, yaitu model tidak menyertakan *engine girder* dan *wrang* yang merupakan kesatuan dari konstruksi yang menopang *main engine*.
4. Batasan kekuatan pengelasan tidak diperhitungkan.
5. Tidak memperhitungkan biaya operasi untuk pembuatan pondasi.
6. Asumsi beban yang digunakan hanya beban statis dari *main engine* dan *gearbox*.
7. *Software* yang digunakan untuk analisis adalah Ansys 2020 R1 (*Student Version*), yang mana pada versi ini terdapat batasan ukuran *Mesh* yang bisa digunakan.
8. Rules klas yang dipakai adalah *Lloyd's Register (LR) Rules*

Pondasi Mesin

Pada dasarnya, pondasi adalah untuk menyalurkan beban-beban yang bekerja pada struktur di atasnya, ke struktur yang ada di bawahnya, dalam hal ini adalah deck atau pelat. Untuk pondasi yang menahan beban dinamis cara perhitungannya berbeda dengan pondasi yang hanya menerima beban statis, dimana harus memperhatikan adanya beban dinamis akibat kerja mesin selain beban statis yang ada.

Pondasi dinamis merupakan pondasi yang dirancang khusus, dipergunakan untuk menerima beban dinamis serta beban statis berupa getaran akibat mesin, beban mesin dan beban pondasi

sendiri. Berikut tipe pondasi mesin secara umum berdasarkan strukturnya, seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 2. Tipe Pondasi Mesin (Kameswara, 1998)

1. Beban

Beban mesin induk dihasilkan dari berat mesin induk yang didistribusikan 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. Untuk mencari beban vertikal tersebut menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} F_v &= \text{Gaya Vertikal} \\ &= M_1 \times g \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} F_h &= \text{Gaya Horizontal} \\ &= M_2 \times g \end{aligned} \quad (2)$$

Dimana :

M_1 : Beban *Main Engine* (Ton)

M_2 : Beban *Gearbox* (Ton)

g : Gravitasi (9.81 m/s^2)

2. Tegangan Ijin

Tegangan ijin (N/mm^2) adalah tegangan maksimum yang diizinkan dimana besarnya tegangan itu masih dianggap aman untuk bahan yang akan diberi beban. Untuk kebanyakan struktur, perlu diperhatikan agar bahannya tetap berada dalam jangkauan elastis untuk menghindari adanya deformasi permanen apabila bebannya diambil. Sebelumnya perlu diketahui nilai k (faktor material) dari pondasi. Persamaannya adalah sebagai berikut :

$$k = \frac{235}{\sigma_0} \quad (3)$$

Untuk menentukan nilai tegangan ijin adalah dengan menggunakan aturan atau *Rules Lloyd's Register (LR) Part 3, Chapter 13, Section 9*. Pada *section* tersebut dijelaskan persamaan untuk tegangan ijin adalah sebagai berikut :

$$\sigma_b = \frac{235}{k} \quad (4)$$

3. Fatigue Life

Fatigue life adalah kemampuan bahan untuk menahan atau menerima beban siklis secara terus menerus. Kerusakan permanen dapat terjadi ketika akumulasi kerusakan mencapai level kritis sehingga sudah tidak mampu lagi ditahan oleh material. Pada dasarnya kegagalan *fatigue* dimulai dengan terjadinya retakan pada permukaan benda uji. Hal ini membuktikan bahwa sifat-sifat *fatigue* sangat peka terhadap kondisi permukaan, yang dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain kekasaran permukaan, perubahan sifat-sifat permukaan dan tegangan sisa permukaan. Nilai *fatigue life* atau kelelahan umur didapatkan dari persamaan berikut :

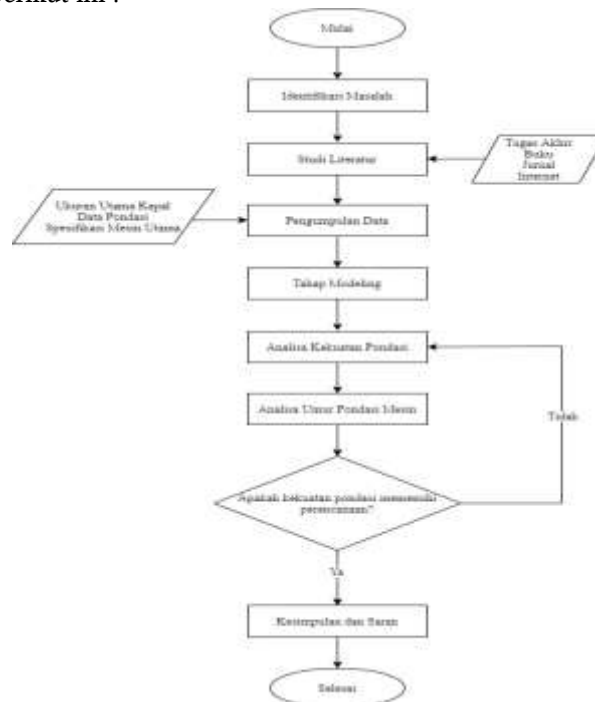
$$Fatigue\ life = \frac{Design\ life}{DM}$$

(5)

Dimana :

Design life = Perkiraan umurDM = *Cumulative fatigue damage*

Proses pelaksanaan kajian diuraikan berdasarkan pada langkah – langkah yang dilakukan berdasarkan *flowchart* berikut ini :



Gambar 3. Alur Pengerjaan

4. Pengumpulan Data

Tahap ini merupakan tahap mengumpulkan data-data yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian ini dengan cara mengajukan permintaan pada pihak perusahaan. Data yang dibutuhkan pada tahap ini adalah data utama kapal, gambar *General Arrangement* pondasi, spesifikasi mesin kapal dan *Mill Certificate*.

Tabel 1. Data Ukuran Utama Kapal

MAIN PARTICULARS	
LENGTH OVER ALL	: 30.00 M
BREADTH (MOULDED)	: 11.60 M
DEPTH (MOULDED)	: 5.10 M
DESIGN DRAFT	: 3.80 M
SCANTLING DRAFT	: 4.17 M
SERVICE SPEED AT 85% MCR	: 12.00 KNOTS

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Beban

Sebelum melakukan analisis pembebanan pada software, pertama dibutuhkan data beban yang nantinya akan di input ke aplikasi. Perhitungan beban pada pondasi ada dua, yaitu beban vertikal dan beban horizontal.

Diketahui :

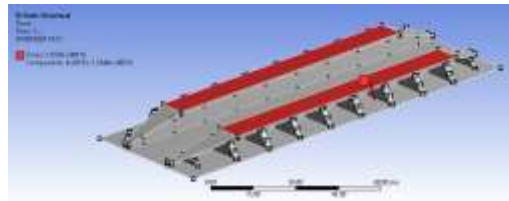
 $M_1 = 13.5$ Ton $M_2 = 2.87$ Ton

Untuk mencari gaya atau beban yang terjadi pada pondasi menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} F_v &= M_1 \times g \\ &= 13.5 \times 9,81 \\ F_v &= 132,435 \text{ kN} \\ &\approx \mathbf{132435 \text{ N}} \\ F_h &= M_2 \times g \\ &= 2.87 \times 9,81 \\ F_h &= 28,1547 \text{ kN} \\ &\approx 28154,7 \text{ N} \end{aligned}$$

Input Load

Seperti yang sudah dihitung sebelumnya, ada dua macam nilai beban yang akan dimasukkan yaitu beban vertikal dan horizontal. Pada gambar 4 terlihat panah merah yang menunjukkan arah beban yang di input.



Gambar 4. Input Beban pada Pondasi

Penempatan Fix Support

Pada tahap ini yang dilakukan adalah memilih face yang dipilih sebagai Fixed Support atau tumpuan. Face yang dipilih adalah permukaan dari perpotongan plat pada sisi depan dan belakang seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Detail Fix Support

Penentuan Tegangan Ijin

Untuk menentukan tegangan izin yang telah ditetapkan oleh Rules LR, pertama adalah menentukan nilai k atau faktor material menggunakan persamaan sebagai berikut :

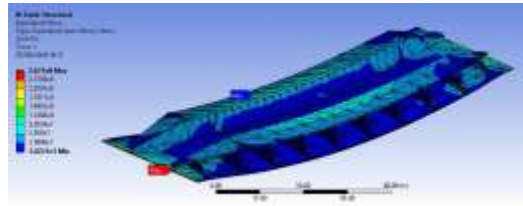
$$\begin{aligned} \text{Diketahui,} \\ \sigma &= 300 \text{ MPa} \\ k &= 235/300 \\ &= 0,78 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil faktor material yang telah diperoleh, maka dapat dilakukan perhitungan tegangan ijin seperti pada persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \sigma_b &= 235/k \\ &= 235/0,78 \\ &= 300 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Running Analisis

Setelah semua data telah di input, proses running bisa dilakukan. Caranya adalah dengan menganalisa menu 'Equivalent (von-Mises)' . Berikut adalah hasil tegangan pondasi :



Gambar 6. Hasil Tegangan setelah di Analisa

Berdasarkan hasil Running analisa, Maximum Stress yang didapat sebesar 267,1 MPa.

Penentuan Kriteria Penerimaan

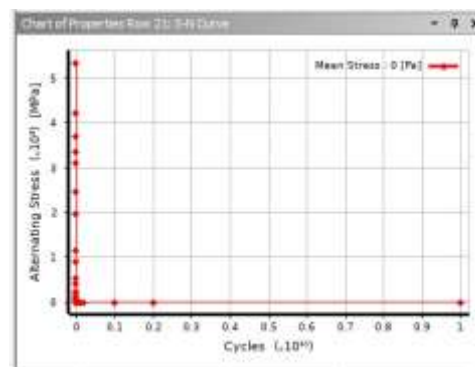
Setelah dilakukan berbagai tahap dan analisa, dapat dirangkum keseluruhan hasilnya sebagai berikut :

Maximum Stress : 267,1 MPa
 Ultimate Stress dari Material : 300 MPa
 Nilai Tegangan Ijin : 300 N/mm²

Diketahui nilai Maximum Stress yang didapat lebih rendah dibanding nilai tegangan ijinnya. Maka dapat dinyatakan kekuatan pondasi telah memenuhi dan aman.

Perhitungan Kurva S-N

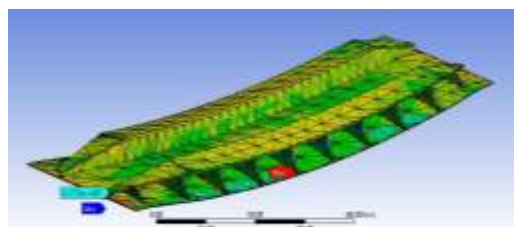
Berdasarkan dari tabel data dasar kurva S-N, kelas yang akan digunakan adalah kelas D. Setelah didapatkan semua data yang diperlukan maka perhitungan untuk menentukan banyaknya kejadian yang diizinkan (N) dapat dilakukan. Nilai N berfungsi untuk mengetahui berapa banyak kejadian yang diizinkan agar konstruksi tidak mengalami *fatigue*.



Gambar 7. Input Data Kurva S-N

Perhitungan Cumulative Fatigue Damage (DM)

Dalam perhitungan fatigue life, dibutuhkan data jumlah kejadian yang terjadi atau nilai cycles. Data jumlah kejadian ini yang didapatkan dari software Ansys yang kemudian dihitung secara manual. Pada gambar 8 ditunjukkan bahwa pengambilan data (probe) untuk mengetahui nilai *Cycles* minimum dan didapat nilai minimum sebesar 6,1738E+07.



Gambar 8. Hasil *Cycles* pada Model

Dalam menghitung nilai DM dibutuhkan nilai N_L . Nilai N_L atau total asumsi jumlah siklus yang direncanakan untuk 25 tahun adalah sebesar 44838656,7 cycles. Sehingga nilai DM dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} DM &= NI/(NI \text{ (min.)}) \\ &= 44838656.7/(6,1738E+07) \\ DM &= 0,7262732 \end{aligned}$$

Perhitungan Umur

Untuk perhitungan umur pondasi menggunakan persamaan (2.8), dengan asumsi umur 25 tahun adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} FL &= (\text{Design Life})/DM \\ &= 25/0,7262732 \\ FL &= 34,442 \text{ tahun} \end{aligned}$$

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa kekuatan pondasi Main Engine serta pembahasannya, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Beban pada pondasi Main Engine dibagi menjadi 2 macam, yaitu beban vertikal dan beban horizontal. Pada saat Main Engine beroperasi beban resultan yang ditumpu adalah beban vertikal sebesar 132435 N dan beban horizontal sebesar 28154,7 N.
2. Hasil analisa kekuatan pondasi didapatkan nilai Maximum Stress sebesar 267,1 MPa dan nilai Safety Factor sebesar 1,123175 yang mana nilai tegangan tersebut telah memenuhi dan aman dari nilai tegangan yang diizinkan sebesar 300 N/mm² yang didapat dari ketentuan rules Lloyd's Register (LR).
3. Hasil analisa fatigue life didapatkan nilai umur sebesar 34,422 tahun yang mana umur tersebut telah memenuhi syarat asumsi umur 25 tahun.

Beberapa saran untuk catatan penelitian berikutnya adalah

1. Pada tahap meshing bisa dilakukan uji konvergensi (perubahan ukuran mesh) agar dapat menghasilkan perhitungan yang lebih akurat.
2. Untuk mencapai hasil analisa yang lebih akurat sebaiknya pemodelan dibuat dengan menyertakan konstruksi yang lebih lengkap seperti engine girger dan wrang sehingga hasil beban yang diterima konstruksi mesin semakin kecil karena akan didistribusikan keseluruh bagian konstruksi pondasi mesin.

DAFTAR PUSTAKA

- Ayuddin, Frice L. Desei. 2017. Analisa Kekuatan Struktur Pondasi untuk Dudukan Mesin Turbin. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil – Universitas Negeri Gorontalo.
- Ningrum, Mustika. 2018. Analisis Fatigue Life Konstruksi Kapal 17500 LTDW Crude Oil Tanker. Tugas Akhir. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya.
- Nugroho, B.A., Mulyanto, I.P., dan Kiryanto. 2011. Analisa Kekuatan Struktur Pondasi Mesin Dengan Thrust Block Pada Kapal ROPAX 5000 GT Dengan Metode Elemen Hingga. Jurnal Teknik Perkapalan. Vol 3 No. 2. p290-p299. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Putra, Dedy Anggara. 2018. Studi Perencanaan Pondasi Dinamis Mesin Generator Turbin Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro [Tesis], Malang (ID) Universitas Muhammadiyah Malang.
- Rao, Kameswara (ed.). 1998. Vibration Analysis and Foundation Dynamics. New Delhi.
- Rokhim, Imam Nur. 2014. Analisis Kekuatan Pondasi Pedestal Crane Pada Modifikasi Kapal Accomodation Barge Dengan Autodesk Inventor 2013. Tugas Akhir. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya.
- Septama, Havinda Nur. 2017. Analisis Pondasi Windlass Menggunakan Metode Elemen Hingga. Tugas Akhir. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya.
- Trimulya, M.R., Mulyanto, I.P, dan Andi Tri Mulyono. 2015. Jurnal Teknik Perkapalan. Vol 03 No. 02. Universitas Diponegoro, Semarang.