

ANALISIS GETARAN DENGAN REDAMAN PADA YACHT 15 METER

Dwi Hayati Hizriyah ^{1*}, Heroe Poernomo, S.T., M.T. ², Lely Pramesti, S.T., M.T. ³, Imam Mujaddid Al-Hadi, S.Tr.T. ⁴

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*}

Program Studi D-IV Teknik Permesinan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

PT. Blambangan Bahari Shipyard, Jl. Pelabuhan Muncar, Kedungrejo, Kabupaten Banyuwangi, Indonesia⁴
Email: dhayati@student.pppns.ac.id^{1*}; poernomo_heroe@ppns.ac.id²; lelypramesti@ppns.ac.id³; adidalhadiedu@gmail.com⁴

Abstract - Vibration is a mechanical system's response to an excitation force. This final assignment uses mathematical modeling to investigate vibrations in the ship's generator foundation. The initial study searches for the value of stiffness, natural frequency, and excitation frequency because they influence the value of vibrations in the generator foundation. Mathematical equations must be solved using Matlab software to determine the acceleration amplitude. Measurements taken with a vibrometer and software computations must be checked against the acceleration amplitude value using a MAPE range of 0 to 50 percent. This mathematical modeling creates vibrations values in the form of vibration response equations, which may be utilized to create graphs with Matlab software. The vibration response graph contains two versions. 1275 and 1500 RPM. Based on the calculation results, the velocity amplitude is obtained sequentially at 1275 RPM and 1500 RPM with EPY Resin damping material 5.7 mm and 6.43 mm, at 1275 RPM and 1500 RPM with ST3 Steel damping material 5.8 mm and 6.42 mm. According to ABS standards, acceleration is recommended below 126 mm/s² and possible damage above 285 mm/s² and velocity is recommended below 4 mm/s and possible damage above 9 mm/s. The results of this vibration response analysis can be used as a reference in ensuring the vibration of the foundation is safe.

Keyword: Generator Foundation, Stiffness, Mathematical Modelling, Vibration Response, ABS

Nomenclature

M	= Massa (kg)
C	= Koefisien redaman (Ns/m)
k	= Stiffness (N/m)
x	= Perpindahan (m)
\dot{x}	= Kecepatan (m/s)
\ddot{x}	= Percepatan (m/s ²)
ω	= Frekuensi eksitasi (Hz)
ω_n	= Frekuensi natural (Hz)
F	= Frekuensi
ω_d	= Frekuensi teredam (Hz)
A	= Amplitudo (m)
T	= Periode (s)
t	= waktu (s)

1. PENDAHULUAN

Generator adalah suatu mesin yang mampu mengubah energi gerak (mekanik) menjadi energi listrik (listrik). Energi yang menggerakkan generator berasal dari berbagai sumber. Pada pembangkit listrik tenaga angin misalnya generator bergerak karena adanya kincir yang berputar karena angin demikian pula pada pembangkit listrik tenaga air yang memanfaatkan energi gerak dari air. Sedangkan pada pembangkit listrik gerak dari generator didapatkan dari proses pembakaran bahan bakar. Generator beroperasi berdasarkan hukum Faraday, yaitu jika suatu penghantar berputar dalam

medan magnet sehingga memotong garis-garis medan magnet, maka akan timbul gaya gerak listrik pada ujung kawat dengan satuan volt.

Pondasi merupakan suatu komponen yang berfungsi untuk menahan beban di atasnya, yaitu generator. Pondasi yang dibahas kali ini tidak hanya menerima beban statis, melainkan beban dinamis yakni generator. Beban dinamis ini merupakan gaya eksitasi harmonik yang dihasilkan oleh putaran generator. Di suatu galangan kapal di Banyuwangi, Jawa Timur, sebuah kapal yacht 15 meter yang baru dibuat adalah sumber data penelitian ini.

Untuk tujuan kenyamanan, kelas ABS (*American Bureau of Shipping*) menetapkan batas getaran dengan amplitudo percepatan di bawah 126 mm/detik² dan kemungkinan kerusakan di atas 285 mm/detik². Untuk frekuensi, amplitudo menentukan batas getaran antara 1 Hz dan 5 Hz percepatan di bawah 126 mm/detik². [1]

[2] Studi tentang bagaimana getaran pondasi *main engine* berinteraksi dengan *main engine* Studi ini digunakan dua variasi redaman yaitu EPY Resin dan ST3 Steel. Hasilnya disesuaikan dengan standar kelas ABS menggunakan metode pemodelan matematis yang dibantu oleh Scilab.

Penelitian ini menggunakan model getaran

matematis pada pondasi generator untuk mengidentifikasi model getaran generator terhadap pondasi kapal. Kemudian dilakukan validasi nilai percepatan yang didapat pada alat vibrometer sebelum adanya redaman pada pondasi generator dengan nilai amplitudo percepatan yang dihitung dengan *software Matrix*. Nilai-nilai yang dihitung tersebut selanjutnya dilakukan pemilihan material redaman yaitu EPY Resin dan ST3 Steel yang kemudian dianalisis nilai getaran dari pondasi generator sesudah ditambah redaman untuk mengetahui tingkat getaran yang terjadi dengan *software Matrix*, lalu menyesuaikan nilai getaran tersebut dengan ketentuan dari standar class *ABS (American Bureau of Shipping)* untuk memastikan tingkat getaran yang terjadi masih berada dalam batas aman dan memenuhi standar yang ditetapkan.

2. METODOLOGI

2.1 Defleksi

[3] Deformasi yaitu transformasi bentuk balok ke arah y yang disebabkan oleh beban tegak di balok atau batang. Perubahan ini dapat dijelaskan dengan mudah dengan melihat bagaimana balok bergerak dari tempatnya sebelum terkena tekanan. [4] Defleksi untuk balok dengan tumpuan beban sederhana merata sepanjang batang maka menggunakan Persamaan 1

$$\Delta \max = \frac{5wL^4}{384EI} \quad (1)$$

Untuk defleksi balok dengan tumpuan sederhana dan beban terpusat di tengah batang yang tidak ada, gunakan Persamaan 2.

$$\Delta \max = \frac{Pab(a+2b)\sqrt{3a(a+2b)}}{27EI} \quad (2)$$

Defleksi untuk balok dengan tumpuan sederhana yang memiliki dua beban terpusat yang jarak luar pembebanan sama keduanya maka menggunakan Persamaan 3.

$$\Delta \max = \frac{Pa}{24EI} (3l^2 - 4a^2) \quad (3)$$

2.2 Stiffness

Stiffness menyatakan kemampuan bahan menerima tegangan atau beban tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) atau defleksi. Perhitungan *stiffness* ini menggunakan rangkaian paralel, dimana kekakuan disusun secara paralel [5] dengan Persamaan 4.

$$k_p = k_1 + k_2 + k_3 + \dots + k_n \quad (4)$$

2.3 Getaran

Gerakan periodik atau berulang setelah jangka waktu tertentu yang dikenal sebagai

periode (T) disebut getaran. Gerakan osilasi atau bolak balik adalah istilah lain untuk gerakan, di mana jumlahnya adalah parameter gerakan sistem mekanik.

2.4 Amplitudo

Besar simpangan getaran atau perpindahan terbesar dari titik kesetimbangan disebut amplitudo. Amplitudo dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 5.

$$A = \sqrt{x_0^2 + \left(\frac{x_0 + \omega_n x_0}{\omega_d}\right)^2} \quad (5)$$

2.5 Frekuensi

[6] Frekuensi natural (ω_n) yaitu frekuensi sistem memiliki getaran bebas. Menemukan nilai frekuensi naturalnya, digunakan Persamaan 6.

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (6)$$

Frekuensi natural teredam (ω_d) merupakan frekuensi sistem yang mengalami getaran bebas sebagai akibat dari gesekan. Frekuensi natural teredam untuk menemukan nilainya dengan Persamaan 7.

$$\omega_d = \omega_n \sqrt{1 - \zeta^2} \quad (7)$$

Frekuensi eksitasi merupakan frekuensi yang dihasilkan oleh gaya eksternal. Nilai frekuensi eksitasi generator dapat ditentukan dengan Persamaan 8.

$$\omega = \frac{2\pi \times RPM}{60} \quad (8)$$

2.6 Getaran Bebas Teredam

Rumus under damping digunakan untuk menghitung getaran bebas dengan redaman, dapat menggunakan perhitungan di Persamaan 9. $X(t) = Ae^{-\zeta\omega_n t} \sin(\omega_d t - \phi)$ (9)

2.7 Eksitasi Harmonik Sistem Satu Derajat Kebebasan

[6] Gaya luar, eksitasi, atau fungsi eksitasi biasanya menggerakkan sistem dinamis. Eksitasi ini biasanya harmonik, periodik, atau acak. Persamaan *steady state* adalah solusi persamaan getaran yang mempertimbangkan eksitasi, sementara solusi untuk persamaan getaran yang tidak mempertimbangkan eksitasi adalah persamaan transien. Untuk persamaan eksitasi harmonik menggunakan Persamaan 10.

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F(t) \quad (10)$$

Menentukan nilai gaya eksitasi menggunakan Persamaan 11.

$$F(t) = F_0 \sin(\omega t - \phi) \quad (11)$$

Untuk solusi pada keadaan *steady* dengan Persamaan 12.

$$x_p(t) = A \sin(\omega t - \phi) \quad (12)$$

Untuk memperoleh nilai amplitudo (A) dapat menggunakan Persamaan 13.

$$A = \frac{F_0}{\sqrt{(k - m\omega^2)^2 + (c\omega)^2}} \quad (13)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Spesifikasi Generator

Generator yang digunakan pada kapal yacht 15 meter ini dalam penelitian ini adalah SPECTEK dengan tipe SPT2105D di Tabel 1.

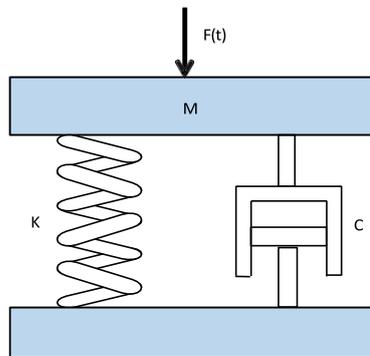
Tabel 1. Spesifikasi mesin induk

Spesifikasi	Keterangan
Merk	SPECTEK
Jenis	SPT2105D
Rated power	17,5 kW
Rated speed	1500 RPM
Massa	240 kg

3.2 Pemodelan Matematis

Gambar 1 merupakan pemodelan matematis yang digunakan dalam penelitian ini. Persamaan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan persamaan :

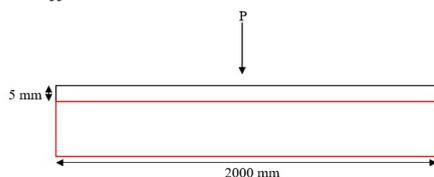
$$mx + cx + kx = F(t)$$



Gambar 1. Pemodelan Matematis

3.3 Perhitungan Nilai Stiffness

Penampang konstruksi memanjang dari pondasi generator digunakan untuk perhitungan nilai *stiffness*.

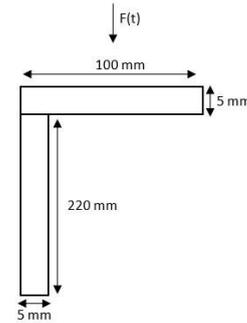


Gambar 2. Konstruksi pondasi tampak samping

Dalam penelitian ini, generator digunakan karena membebani pondasi dengan beban merata. Perhitungan defleksi akan dilakukan sebelum mendapatkan nilai *stiffness*.

3.4 Perhitungan Nilai Defleksi

A. Konstruksi memanjang



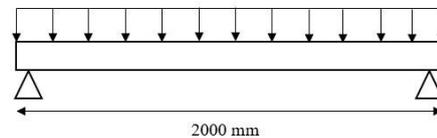
Gambar 3. Konstruksi memanjang pondasi generator

Pada Gambar 3 adalah pondasi generator dengan konstruksi memanjang. Nilai momen inersia konstruksi tersebut adalah

$$I_{total} = I_1 + I_2$$

$$= 2,80 \times 10^8 \text{ mm}^4 + 5,79 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

$$= 8598059,271 \text{ mm}^4$$



Gambar 4. Pembebanan pada konstruksi memanjang

Nilai defleksi pada konstruksi memanjang pada Gambar 4 adalah sebagai berikut

$$\Delta_{max} = 0,056 \text{ mm}$$

3.5 Nilai Stiffness Konstruksi Memanjang

A. Konstruksi memanjang

$$k_{eq} = 2 \times k$$

$$= 2 \times 1,733 \times 10^5 \text{ N/mm}$$

$$= 3,466 \times 10^5 \text{ N/mm}$$

3.6 Nilai Frekuensi Natural (ω_n) dan Nilai Frekuensi Eksitasi (ω)

A. Frekuensi Natural

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$= \sqrt{\frac{3,46 \times 10^8 \text{ N/m}}{20500 \text{ kg}}}$$

$$= 380,062 \text{ rad/s}$$

B. Frekuensi Eksitasi

• Pada Rpm 1275

$$\omega = \frac{2\pi \times rpm}{60}$$

$$= \frac{2 \times 3,14 \times 1275 \text{ rpm}}{60}$$

$$= 133,45 \text{ rad/s}$$

• Pada Rpm 1500

$$\omega = \frac{2\pi \times rpm}{60}$$

$$= \frac{2 \times 3,14 \times 1500 \text{ rpm}}{60}$$

$$= 157 \text{ rad/s}$$

3.7 Nilai Percepatan pada 1275 RPM Dengan Redaman

Dengan material redaman EPY Resin :

$$\begin{aligned} X(t) &= Ae^{-\zeta\omega_n t} \sin(\omega_n t - \varphi) \\ &= 0,0003 \sin(133,45t - 0,96) \\ &= 0,658 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

Dengan material redaman ST3 Steel :

$$\begin{aligned} X(t) &= Ae^{-\zeta\omega_n t} \sin(\omega_n t - \varphi) \\ &= 0,0003 \sin(133,45t - 0,30) \\ &= 0,659 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

3.8 Nilai Percepatan pada 1500 RPM Dengan Redaman

Dengan material redaman EPY Resin :

$$\begin{aligned} X(t) &= Ae^{-\zeta\omega_n t} \sin(\omega_n t - \varphi) \\ &= 0,0004 \sin(157t - 1,20) \\ &= 1 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

Dengan material redaman ST3 Steel :

$$\begin{aligned} X(t) &= Ae^{-\zeta\omega_n t} \sin(\omega_n t - \varphi) \\ &= 0,0004 \sin(157t - 0,37) \\ &= 0,99 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

3.9 Evaluasi Hasil Respon Getaran dengan Standar Class ABS

Pada saat 1275 RPM dengan material redaman EPY Resin didapatkan nilai amplitude velocity sebesar 5,7 mm. Pada saat 1500 RPM dengan material EPY Resin didapatkan nilai amplitude velocity sebesar 6,43 mm/s. Pada saat 1275 RPM dengan material ST3 Steel didapatkan nilai amplitude velocity sebesar 5,8 mm. Pada saat 1500 RPM dengan material ST 3 Steel didapatkan nilai amplitude velocity sebesar 6,42 mm. Dapat disimpulkan bahwa nilai amplitude velocity pada kondisi 1275 RPM dan 1500 RPM dengan material redaman EPY Resin dan ST 3 Steel dinilai aman karena dibawah nilai rekomendasi dari class ABS yaitu 9 mm.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa yang dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

Pondasi generator menggunakan pemodel matematis, $F(t) = m\ddot{x} + c\dot{x} + kx$. Hasil dari proses pengolahan data menggunakan software menghasilkan nilai percepatan (acceleration) getaran dengan material redaman EPY Resin pada 1275 RPM sebesar 0,658 m/s² dan 0,659 m/s² dengan material redaman ST3 Steel, sedangkan pada 1500 RPM dengan material redaman EPY Resin sebesar 1 m/s² dan 0,99 m/s² dengan material redaman ST3 Steel.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari penyelesaian jurnal ini tidak terlepas dari bimbingan, doa, dan motivasi dari berbagai pihak, penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan materi, semangat, motivasi, kasih sayang, do'a saat kuliah di PPNS
2. Bapak Heroe Poernomo, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I
3. Ibu Lely Pramesti, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II
4. Bapak Imam Mujaddid A, S.Tr.T. selaku pembimbing OJT
5. Keluarga besar ME-PPNS

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] ABS, "Guidance Notes on Ship Vibration May 2021," no. May, 2021, [Online]. Available: www.eagle.org
- [2] Lovelylo, Adi Wirawan Husodo, and Eky Novianarenti. "Analisis model getaran main engine pada pondasi main engine kapal tanker 6500 ldtw," 2020.
- [3] A. Kurniawan, T. D. Putra, and A. Farid, "Pengaruh Jumlah Plat Besi Terhadap Defleksi Pembebanan Pada Pengujian Superposisi," *Widya Tek.*, vol. 24, no. 2, pp. 1–5, 2016.
- [4] AISC, *BEAM DIAGRAMS AND FORMULAS For Various Static Loading Conditions*, AISC ASD 8th ed. 1980.
- [5] T. Rusianto and A. A. Susastriawan, *GETARAN MEKANIS*. AKPRIND PRESS, 2021.
- [6] T. B. Karyasa, *DASAR-DASAR GETARAN MEKANIS*. Penerbit ANDI, 2011.