

## PEMODELAN MATEMATIS PONDASI GENERATOR PADA KAPAL PARIWISATA 15 METER

Dwi Hayati Hizriyah <sup>1\*</sup>, Heroe Poernomo, S.T., M.T. <sup>2</sup>, Lely Pramesti, S.T., M.T. <sup>3</sup>

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>1\*</sup>

Program Studi D-IV Teknik Permesinan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>2</sup>

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>3</sup>

Email: [dhayati@student.ppns.ac.id](mailto:dhayati@student.ppns.ac.id)<sup>1\*</sup>; [poernomo\\_heroe@ppns.ac.id](mailto:poernomo_heroe@ppns.ac.id)<sup>2\*</sup>; [lelypramesti@ppns.ac.id](mailto:lelypramesti@ppns.ac.id)<sup>3\*</sup>

**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/s<sup>2</sup> and possible damage above 285 mm/s<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup> ) |
| $\omega$   | = Frekuensi eksitasi (Hz)        |
| $\omega_n$ | = Frekuensi natural (Hz)         |
| $F$        | = Frekuensi                      |
| $\omega_d$ | = 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/detik<sup>2</sup> dan kemungkinan kerusakan di atas 285 mm/detik<sup>2</sup>. Untuk frekuensi, amplitudo menentukan batas getaran antara 1 Hz dan 5 Hz percepatan di bawah 126 mm/detik<sup>2</sup>. [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 perhitungan nilai *stiffness*, frekuensi natural, frekuensi eksitasi, getaran sebelum ada redaman, dan 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.

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

### 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 2.

$$k_p = k_1 + k_2 + k_3 + \dots + k_n \quad (2)$$

### 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 Frekuensi

[6] Frekuensi natural ( $\omega_n$ ) yaitu frekuensi sistem memiliki getaran bebas. Menemukan nilai frekuensi naturalnya, digunakan Persamaan 3.

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (3)$$

Frekuensi natural teredam ( $\omega_d$ ) merupakan frekuensi sistem yang mengalami getaran bebas sebagai akibat dari gesekan. Frekuensi natural teredam untuk menemukan nilainya dengan Persamaan 4.

$$\omega_d = \omega_n \sqrt{1 - \zeta^2} \quad (4)$$

Frekuensi eksitasi merupakan frekuensi yang dihasilkan oleh gaya eksternal. Nilai frekuensi eksitasi generator dapat ditentukan dengan Persamaan 5.

$$\omega = \frac{2\pi \times RPM}{60} \quad (5)$$

### 2.5 Getaran Bebas Tidak Teredam

Rumus undamping digunakan untuk menghitung getaran bebas, dapat menggunakannya untuk melakukan perhitungan ini. Persamaan 6.

$$x(t) = A \sin(\omega_n t + \varphi) \quad (6)$$

### 2.6 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 7.

$$mx + cx + kx = F(t) \quad (7)$$

Menentukan nilai gaya eksitasi menggunakan Persamaan 8.

$$F(t) = F_0 \sin(\omega_t - \varphi) \quad (8)$$

Untuk solusi pada keadaan *steady* dengan Persamaan 9.

$$x_p(t) = A \sin(\omega_t - \varphi) \quad (9)$$

Untuk memperoleh nilai amplitudo (A) dapat menggunakan Persamaan 10.

$$A = \frac{F_0}{\sqrt{(k - m\omega^2)^2 + (c\omega)^2}} \quad (10)$$

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Spesifikasi Generator

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

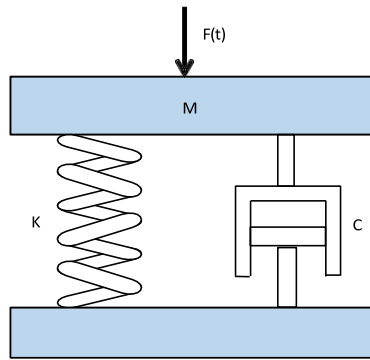
Tabel 1. Spesifikasi mesin induk

| Spesifikasi | Keterangan |
|-------------|------------|
| 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 :

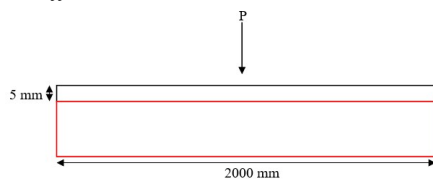
$$mx + cx + kx = F(t)$$



Gambar 1. Pemodelan Matematis

### 3.3 Perhitungan Nilai *Stiffness*

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

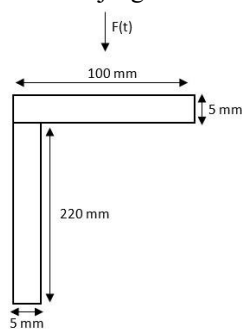


Gambar 2. Konstruksi pondasi tampak samping

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



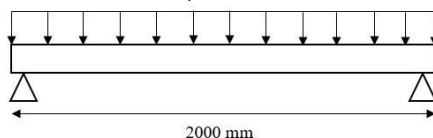
Gambar 3. Konstruksi memanjang pondasi generator

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 ( $\omega_n$ ) dan Nilai Frekuensi Eksitasi ( $\omega$ )

#### 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

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

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

$$= 130,83 \text{ rad/s}$$

##### • 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 Tanpa Redaman

$$x(t) = A \sin(\omega_n t + \phi)$$

$$= 0,0003 \sin(130,8t)$$

$$= 5,132 \text{ m/s}^2$$

### 3.8 Nilai Percepatan pada 1500 RPM Tanpa Redaman

$$x(t) = A \sin(\omega_n t + \phi)$$

$$= 0,0004 \sin(157t)$$

$$= 9,859 \text{ m/s}^2$$

## 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 tanpa redaman pada 1275 RPM sebesar 5,132 m/s<sup>2</sup>, sedangkan pada 1500 RPM sebesar 9,859 m/s<sup>2</sup>.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] ABS, "Guidance Notes on Ship Vibration May 2021," no. May, 2021,

- [Online]. Available: [www.eagle.org](http://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 8 th 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.