

## PEMANTAUAN KONDISI POMPA SENTRIFUGAL P-12A MENGUNAKAN ANALISIS VIBRASI STUDI KASUS DI PT. X

**Fatkur Rachmanu**

Teknologi Rekayasa Manufaktur, Politeknik Enjinering Indorama

e-mail: fatkur.rachman@gmail.com

### **Abstrak**

*Pemantauan kondisi terhadap mesin berputar berupa pompa / aset perusahaan sering dilakukan dengan mencakup pemantauan kondisi secara langsung (realtime), untuk membuat keputusan pemeliharaan atas dasar kesehatan suatu mesin. Penelitian ini menyajikan analisis pemeliharaan prediktif untuk mendeteksi dua masalah dalam pompa sentrifugal horizontal end suction P-12A berupa perbaikan kondisi pengganjal (shim) soft foot dan misalignment dari poros pompa dan motor. Vibration analyser dengan data domain frekuensi dan amplitudo yang diperoleh melalui akselerometer yang dipasang pada titik bantalan pompa dan motor untuk menghasilkan spektrum getaran dengan terbaca berupa grafik FFT. Dalam penelitian ini dilakukan perbaikan softfoot dan realignment menghindari kerusakan yang semakin parah. Data getaran yang rusak dibandingkan dengan poros yang baik. Poros yang tidak sejajar menunjukkan amplitudo getaran yang lebih tinggi pada kecepatan 2X dan 3X dan perilaku getaran harmonik. Hasil ini menunjukkan bahwa analisis vibrasi sangat membantu dalam mendeteksi kondisi kurang baik dalam softfoot dan misalignment merupakan suatu tindakan pemeliharaan prediktif.*

**Kata Kunci :** Kondisi, Pompa, Sentrifugal, FFT, Vibrasi

### **Abstract**

*Monitoring the condition of rotating machines in the form of pumps/company assets is often carried out including real-time condition monitoring, to make maintenance decisions on the basis of the health of one machine. This study presents a predictive maintenance analysis to detect two problems in the P-12A horizontal end suction centrifugal pump in the form of improving the condition of the soft foot shim and misalignment of the pump and motor shafts. Vibration analyzer with frequency and amplitude domain data obtained through accelerometers mounted on pump and motor bearing points to produce a vibration spectrum that reads in the form of an FFT graph. In this study explain, soft foot repair and re-alignment were carried out to avoid further damage. The broken vibration data is compared with the good axle. The misaligned shafts exhibit higher vibration amplitudes at 2X and 3X speeds and harmonic vibration behavior. These results indicate that vibration analysis is very helpful in detecting unfavorable conditions in the soft foot and misalignment is a predictive maintenance measure.*

**Keyword :** Condition, Pump, Centrifugal, FFT, Vibration

### **1. PENDAHULUAN**

Pompa merupakan peralatan proses yang kritis dan beroperasi bebas dari kegagalan sangat penting dalam produksi. Selain itu, pompa sentrifugal adalah salah satu mesin berputar, dan diterapkan secara luas oleh berbagai industri untuk proses yang berbeda dan tujuan mulai dari memompa dan memindahkan cairan seperti air, minyak dan bahan kimia. Oleh karena itu, deteksi kesalahan dan pemantauan kondisi kesehatan pompa sentrifugal dianggap penting dalam kilang (*plant*) minyak dan industri gas. Dalam penggunaannya pompa sering mengalami penurunan kinerja yang diakibatkan oleh tidak selarasnya (*misalignment*) poros

*Makalah dikirim 2 Maret 2022; Revisi 21 Maret 2022; Diterima 2 April 2022*

karena bergesernya motor penggerak disebabkan getaran, bergesernya kedudukan pompa dan motor (*softfoot*) disamping itu karena sistem pemipaan dan cairan yang dipompakan.

Telah dilakukan penelitian dengan lingkungan yang mirip dengan modul vibrasi berupa sistem getaran pada modul berputar satu disc menggunakan *LabView* dan *FEM* [1]. Perbaikan pompa sentrifugal sebelum dan sesudah perbaikan sesuai prosedur harus dilakukan pengujian vibrasi untuk pompa sentrifugal [2]. Vibrasi pompa dapat disimulasikan dengan metode FFT [3]. Telah dilakukan pengujian vibrasi pompa dengan menggunakan vibration analyser [4].

## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian menggunakan pengujian langsung di pabrik dan dimasukkan data yang dibutuhkan kemudian dilakukan analisis keputusan untuk memperbaiki keadaan mesin apakah perlu dilakukan pemeliharaan atau dianggap cukup.

### 2.1. Pompa dan Alat Uji

Pompa Sentrifugal, alat *Vibration Analyser* dan *Alignment* yang digunakan ditunjukkan dalam Gambar 1.



**Gambar 1.** Pompa Sentrifugal, Alat *Vibration Analyser* & *Alignment*.

### 2.1. Diagram Alir

Adapun dalam penelitian ini menggunakan diagram alir seperti pada Gambar 2, dimana pengujian dengan menggunakan alat *vibration analyser* dan *alignment* merupakan alat utama dalam penelitian ini.

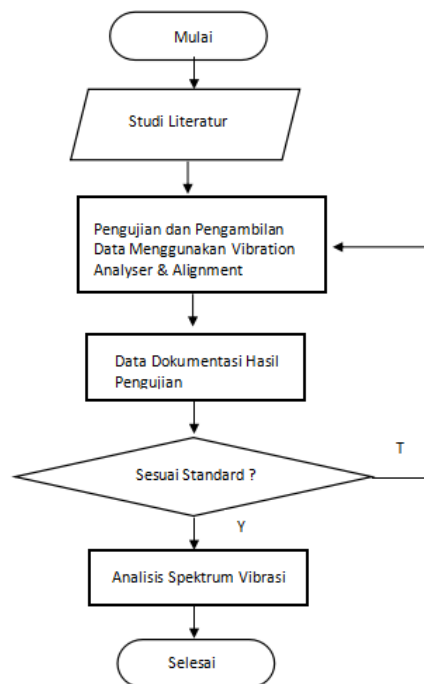
Analisis urutan didasarkan pada data getaran domain frekuensi yang dihitung dari *FFT* (*fast Fourier Transform*). *FFT* mengambil sinyal getaran domain waktu, mendigitalkannya dan kemudian menerapkan persamaan (1) berikut untuk mengubahnya menjadi domain frekuensi. Grafik yang dihasilkan adalah amplitudo percepatan/getaran sebagai fungsi frekuensi, yang dikenal sebagai analisis spektrum [5].

$$X[k] = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x[n] e^{-j2\pi kn/N} \quad (1)$$

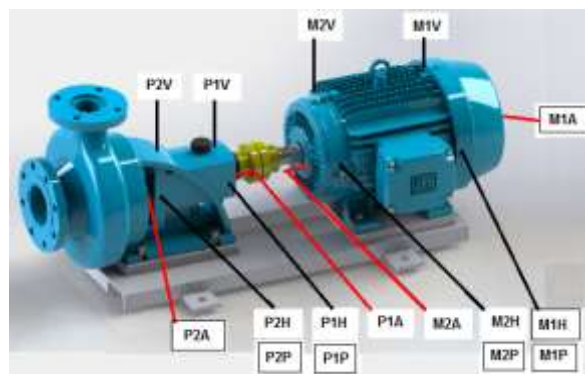
Sisi kanan persamaan di atas dikenal sebagai domain waktu, sedangkan sisi kiri adalah domain frekuensi.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini meninjau dua kondisi abnormal yaitu kondisi pengganjal (*shim*) *base frame* yang kurang baik (*bad softfoot*) dan kondisi kesejajaran poros antara poros pompa dan motor yang kurang baik (*misalignment*). Adapun ilustrasi posisi Akselerometer getaran pompa P-12A ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 2. Diagram Alir.



Gambar 3. Ilustrasi Posisi Akselerometer Getaran Pompa P-12A.

### 3.1. Data Vibrasi Sebelum Perbaikan *Softfoot*

Pada pompa P-12A temuan berupa tinggi 1 x rpm getaran pada arah horisontal, sehingga menghasilkan dugaan fase data menunjukkan indikasi kondisi *softfoot* sesuai Tabel 1 dan sebelum tanggal 28 November 2019 untuk spektrum FFT diambil dari alat langsung sesuai dengan Gambar 4.

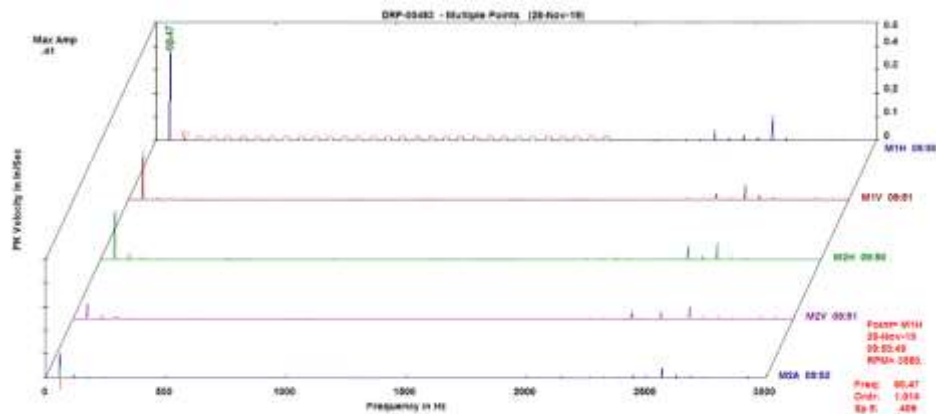
Pada Tabel 1, terlihat nilai vibrasi yang menurun setelah dilakukan perbaikan *softfoot* / *mechanical looseness* saat diambil data tanggal 7 Januari 2020 dan 12 Maret 2020 dibanding sebelum dilakukan pemeliharaan yaitu pada tanggal 28 November 2019.

Pada Gambar 4 terlihat muncul nilai 1X yang tinggi dan cenderung meningkat dari beberapa posisi pengambilan data terutama arah horisontal. Untuk frekuensi sekitar 2500 Hz ditemukan *velocity* tinggi pada posisi horisontal.

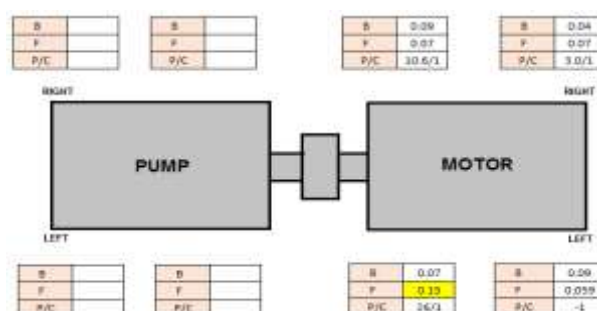
Pada Gambar 5 merupakan visualisasi saat pemeliharaan kondisi *softfoot* motor listrik dengan menggunakan alat *alignment*.

Tabel 1. Data Vibrasi.

| Acq       | Vibration Overall (in/sec & G's) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Date      | Electric Motor                   |      |      |      |      |      |      | Pump |      |      |      |      |      |      |
|           | M1H                              | M1P  | M1V  | M2H  | M2P  | M2V  | M2A  | P1H  | P1P  | P1V  | P2H  | P2P  | P2V  | P2A  |
| 14 Jul 17 | 10                               | 1.55 | 0.15 | 0.16 | 1.19 | 0.09 | 0.13 | 0.05 | 0.87 | 0.10 | 0.05 | 0.59 | 0.07 | 0.07 |
| 31 Oct 17 | 15                               | 0.27 | 0.11 | 0.12 | 1.03 | 0.06 | 0.08 | 0.06 | 0.85 | 0.09 | 0.05 | 0.49 | 0.08 | 0.07 |
| 05 Mar 18 | 20                               | 0.19 | 0.08 | 0.12 | 1.12 | 0.07 | 0.07 | 0.05 | 1.03 | 0.08 | 0.05 | 1.03 | 0.08 | 0.09 |
| 12 Mar 19 | 0.88                             | 0.31 | 0.58 | 0.50 | 0.67 | 0.26 | 0.42 | 0.09 | 0.84 | 0.10 | 0.07 | 1.14 | 0.09 | 0.08 |
| 28 Nov 19 | 0.60                             | 0.79 | 0.25 | 0.33 | 1.05 | 0.11 | 0.16 | 0.05 | 0.62 | 0.09 | 0.05 | 0.48 | 0.08 | 0.07 |
| 07 Jan 20 | 0.17                             | 0.76 | 0.10 | 0.15 | 2.17 | 0.27 | 0.15 | 0.05 | 0.83 | 0.07 | 0.05 | 0.87 | 0.07 | 0.07 |
| 12 Mar 20 | 0.24                             | 0.54 | 0.16 | 0.16 | 0.27 | 0.14 | 0.05 | 0.05 | 0.74 | 0.07 | 0.05 | 0.95 | 0.07 | 0.06 |



Gambar 4. Spektrum FFT Getaran.

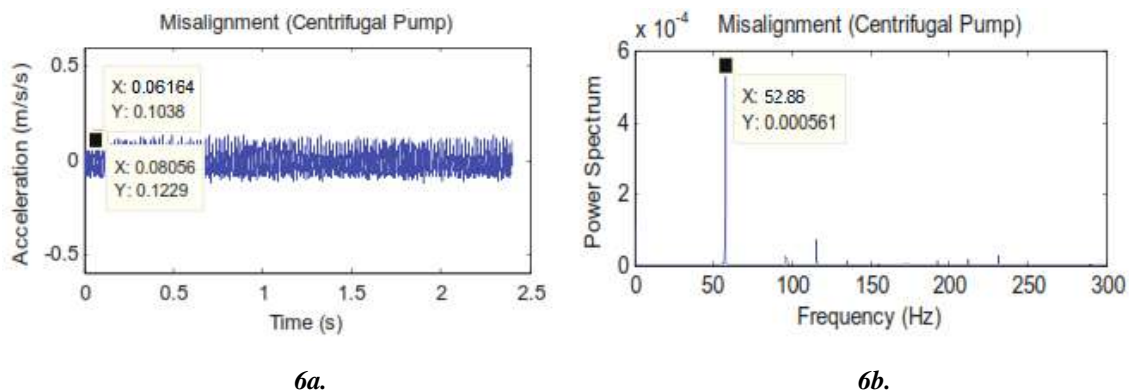


Gambar 5. Posisi Softfoot Motor.

### 3.2. Kondisi Misalignment

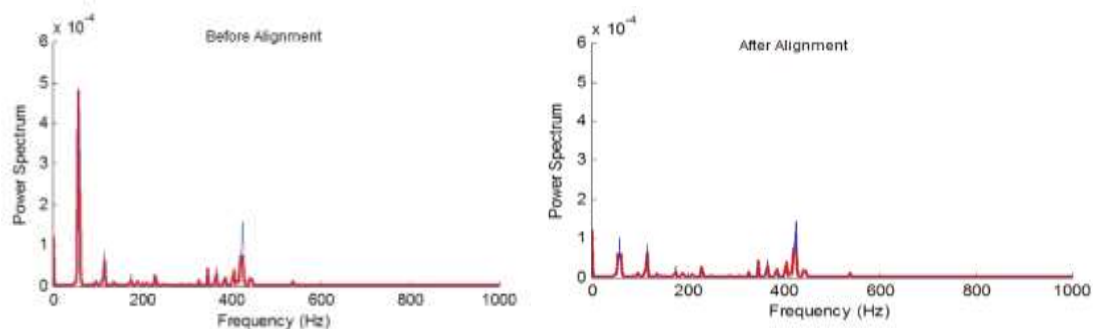
Getaran *misalignment* telah diperoleh saat pompa dan motor tidak selaras dan dapat dilihat bahwa *misalignment* menghasilkan getaran dengan frekuensi yang sangat tinggi 3X (kelipatan ketiga dari kecepatan lari) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Gambar 6 (a)

menunjukkan selisih antara dua periode getaran berturut-turut  $0,08056 - 0,06164 = 0,01892$  s, dan frekuensi  $f = 1/T = 1/0,01892 = 52,86$  Hz (sangat dekat dengan pompa *running speed* ketiga 50 Hz).



**Gambar 6.** (a) Time domain, (b) grafik FFT dari misalignment menunjukkan sangat tinggi 3X (52.86 Hz) sangat mendekati nilai teoritis yang diharapkan (*speed at 1X = 20 Hz; 2X = 40 Hz and 3X = 50 Hz*).

Setelah dilakukan *alignment* maka terbaca spektrum FFT, dapat dilihat sebelum dan sesudah *alignment* seperti pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Perbandingan spektrum FFT dengan sinyal sebelum (7a) dan sesudah menunjukkan kondisi sinyal *stationer* diperbaiki dari misalignment (7b).

Pada Gambar 7 nampak penurunan amplitudo vibrasi yang terjadi sebelum dan sesudah *alignment* terutama di daerah frekuensi kurang dari 100 Hz.

#### 4. KESIMPULAN

Setiap vibrasi memiliki karakteristik tersendiri. Beberapa kondisi kegagalan (*fault condition*) yang umumnya terjadi dan memiliki gejala (*symptom*) hampir sama misalnya seperti *mechanical looseness*, *misalignment*. Untuk membedakan *fault condition* tersebut bisa dilakukan analisis fasa. Jika diperlukan, dilakukan analisis lebih lanjut menggunakan *advanced analysis* sebagai data pendukung yang memperkuat hasil analisis sebelumnya.

Terlihat dari domain waktu dan frekuensi yang diplot bahwa spektrum dasar memiliki amplitudo percepatan dan *power spektrum* yang lebih rendah dibandingkan dengan kondisi lain. Itu juga mengamati bahwa *misalignment* mungkin dapat menyertai kesalahan lain seperti bantalan dan kavitasi karena getaran yang tinggi. Sinyal domain waktu mengungkapkan kondisi seperti ketidaksejajaran, kelonggaran sebagai sinyal stasioner yaitu sinyalnya tidak berubah-

ubah terhadap waktu dan kondisi seperti bantalan, *impeller* dan kavitasi sebagai non-stasioner sinyal (yaitu sinyal yang berubah dalam spektrum waktu yang bervariasi).

### Saran

Diperlukan keahlian dan skill dalam membaca serta menganalisis hasil grafik yang merupakan teknik lanjutan profesional terhadap anomali vibrasi *fault condition* yang disebabkan oleh pengaruh getaran mesin lain atau resonansi.

### 5. Daftar Notasi

- $x[n]$  : data waktu sampel digital  
 $N$  : jumlah titik data yang diperoleh secara digital  
 $n$  : indeks waktu  
 $k$  : indeks frekuensi

### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. F. Rachmanu, M. Suherman, and Y. Permana, "Studi Sistem Monitoring Getaran pada Modul Mesin Berputar Satu Disc Menggunakan LabVIEW dan FEM," *Elektra*, vol. 2, no. 2, pp. 32–41, 2017. <https://pei.e-journal.id/jea/article/view/31/26>.
- [2]. F. Rachmanu, "Prediksi Getaran Pompa Rekondisi API 610 OH-4 Model 3900L dengan Solidworks," *Elektra*, vol. 1, no. 2, pp. 54–61, 2016. <https://pei.e-journal.id/jea/article/view/10/19>.
- [3]. F. Rachmanu, "Studi Dinamika Rotor Pompa Pengisi Air Ketel (Bfwp) 6 Tingkat Menggunakan Perangkat Lunak," *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 8, no. 1, pp. 209–218, 2017. <https://jurnal.umk.ac.id/index.php/simet/article/view/934/815>.
- [4]. Nurwanda Fahmi, *Monitoring Kondisi Primary Menggunakan Metode Pengukuran Getaran di PT. Indonesia Power UPJP Kamojang Unit Darajat. Tugas Akhir*. Bandung & Polban. 2017. <http://digilib.polban.ac.id/download.php?id=18943>.
- [5]. Rao KR, Kim DN, Hwang JJ, *Fast Fourier Transform : Algorithms and Applications*. New York. 2015.