

Analisis Getaran Struktur Mekanik pada Mesin Berputar untuk Memprediksi Kerusakan Akibat Kondisi *Unbalance* Sistem Poros Rotor

Devina Puspitasari.^{1*}, Galih Anindita², dan Edy Setiawan³

¹ Program Studi Manajemen Bisnis, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

² Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja,
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

³ Program Studi Teknik Otomasi, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

* d3vina_songhyekyo@yahoo.com

Abstrak

Pompa merupakan mesin yang mengubah energi mekanis menjadi tekanan pada fluida yang dialirkannya. Salah satu kerusakan pada pompa yaitu kondisi *unbalance* pada komponen poros pompa, dimana pusat massa tidak sesumbu pada sumbu rotasi. Kondisi *unbalance* bisa disebabkan karena korosi dan keausan, kesalahan dalam proses permesinan dan debu pada *fan* kompressor. Akibat kondisi *unbalance* noise pada mesin meningkat untuk putaran kerja yang sama. Dulu metode yang digunakan untuk mendeteksi kerusakan mesin, operator harus turun ke lapangan dengan menyentuh mesin secara langsung. Metode ini kurang handal karena perlunya kondisi *shutdown*, membutuhkan waktu dan biaya besar. Dalam penelitian ini menggunakan analisis karakteristik sinyal getaran untuk mendeteksi kerusakan mesin. Identifikasi dilakukan dengan kondisi mesin normal dan *unbalance*. Suara mesin direkam menggunakan *USB DAC Fast Track* yang dihubungkan dengan komputer dan menggunakan sensor accelerometer untuk pengambilan data getarannya. Metode pengolahan data menggunakan algoritma *Fast Fourier Transform (FFT)*, dimana mengacak dan mentransformasikan sinyal suara dalam domain waktu menjadi domain frekuensi. Proses perekaman suara disimpan dalam bentuk digital berupa gelombang spektrum suara berbasis frekuensi. Emisi akustik tersebut dapat mengindikasikan frekuensi cacat komponen. Dengan penelitian ini didapatkan kondisi pompa normal menunjukkan tinggi amplitudo terbesar 1xRPM, dimana posisi horisontal lebih tinggi dari posisi vertikal dan axial, kondisi pompa *unbalance* menunjukkan tinggi amplitudo terbesar 1xRPM, dimana perbandingan posisi horisontal dengan vertikal diperoleh 1,22 (<3) dan dengan menggunakan metode analisa getaran, kerusakan pada impeler pompa sentrifugal dapat dideteksi tanpa melakukan pembongkaran pompa, sehingga dapat memberikan prediktabilitas pemeliharaan waktu penjadwalan perbaikan, mengambil peralatan yang rusak sebelum kondisi berbahaya terjadi dan membantu mencegah penghentian produksi.

Kata kunci: pompa,poros rotor, sinyal getaran, *unbalance*

1. PENDAHULUAN

Salah satu mesin mekanis yang beroperasi pada putaran tinggi adalah pompa. Pompa merupakan mesin yang mengubah energi mekanis menjadi tekanan pada fluida yang dialirkannya. Salah satu kerusakan pada pompa yaitu kondisi *unbalance* (ketidak seimbangan) dimana pusat massa tidak sesumbu pada sumbu rotasi. Kondisi *unbalance* bisa disebabkan karena korosi dan keausan, kesalahan dalam proses permesinan atau assembly dan penumpukan material misalnya debu pada *fan* kompressor. Akibat kondisi *unbalance* terjadi kerusakan yang secara mudah ditandai dengan meningkatnya noise pada mesin untuk putaran kerja yang sama. Demikian pula pada komponen poros yang besar kemungkinannya mengalami kasus ketidakseimbangan (*unbalance*) akibat geometri maupun distribusi massa baik massa poros ataupun beban.

Metode masa lalu yang digunakan untuk mendeteksi kerusakan mesin adalah *predictive maintenance* (PdM), salah satu metode pemeliharaan yang didasarkan pada kondisi *equipment* yang sedang dicek. Caranya yaitu dengan operator harus turun ke lapangan untuk memeriksa kondisi mesin dengan menyentuh (*touching*) mesin secara langsung. Metode seperti ini kurang handal karena perlunya kondisi *shutdown* sehingga membutuhkan waktu dan biaya yang jauh lebih besar. Oleh karena itu untuk mengatasi salah satu permasalahan di atas dikembangkan metode untuk mendeteksi jenis kerusakan motor dari karakteristik sinyal getarannya.

Penelitian ini mengembangkan pendeteksian kerusakan dengan menganalisis pola bunyi yang dihasilkan oleh mesin. Identifikasi dilakukan dengan kondisi mesin normal dan *unbalance*. Suara mesin direkam dengan menggunakan *USB DAC Fast Track* yang diubungkan dengan perangkat komputer dan menggunakan sensor

accelerometer untuk pengambilan data getarannya. Metode yang digunakan dalam pengolahan pada penelitian ini adalah algoritma *Fast Fourier Transform (FFT)*, dimana mengacak dan mentransformasikan sinyal suara dalam domain waktu menjadi sinyal suara dalam domain frekuensi. Artinya proses perekaman suara disimpan dalam bentuk digital berupa gelombang spektrum suara berbasis frekuensi. Emisi akustik tersebut dapat mengindikasikan frekuensi cacat dari komponen– komponen. Pada penelitian ini akan dilakukan analisis sinyal getaran pada kasus *unbalance* di poros motor dengan pengambilan data getarannya. Dari data getaran tersebut dianalisis kerusakan-kerusakan yang terjadi, sehingga dapat ditarik kesimpulan jenis dan besarnya getaran yang ditimbulkan oleh kondisi *unbalance*.

Adapun tujuan dan permasalahan yang ada dalam penelitian ini adalah :

- Bagaimana mengetahui spectrum vibrasi motor dengan kondisi normal
- Bagaimana mendeteksi vibrasi pada motor induksi akibat kondisi *unbalance*
- Membandingkan bentuk spektrum frekuensi yang dihasilkan oleh analisis FFT kondisi mesin normal dan *unbalance*

Diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat sebagai bahan informasi bagi Kepala Jurusan dan Kepala Bengkel dalam menyusun perencanaan perawatan mesin serta standar mutu yang benar.

2. METODOLOGI

A. Alat dan Bahan

Rincian peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Mesin Pompa DAB-108C dengan kecepatan putar 2800 rpm dengan kondisi normal dan *unbalance*. Frekuensi maksimum mesin 5000 Hz
2. 1 buah *Piezoelectric Accelerometer Sensor*
Sensor *accelerometer* berfungsi untuk mengubah sinyal getaran menjadi sinyal tegangan listrik. Sensor ini dipasang pada sisi mesin yang datar
3. USB DAC *Multi Channel (M-Audio Fast Track Ultra)* 6 masukan dan 6 keluaran.
Modul DAC ini dihubungkan dengan komputer untuk menampilkan sinyal-sinyal tersebut selama pompa bekerja. DAC dihubungkan dengan komputer melalui port USB. Dalam piranti DAC ini berisi *A/D Converter* yang mengubah sinyal analog dari *accelerometer* menjadi sinyal digital
4. Komputer dengan Software MATLAB Versi 7.0.1
Komputer berfungsi untuk menyimpan data sinyal dari DAC, dengan menggunakan port USB. Selain itu komputer juga sudah dilengkapi dengan software aplikasi untuk menampilkan sinyal getaran dan sinyal yang diterima oleh DAC. Aplikasi ini juga sudah mendukung perhitungan untuk FFT sinyal getaran dari DAC

B. Langkah Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dapat dibagi dalam beberapa tahap. Secara umum tahapannya adalah penyiapan pompa, pengambilan dan pengolahan data. Dengan penjelasan sebagai berikut:

1. Tahap Penyiapan Pompa Sentrifugal

Dalam penelitian ini, pompa bekerja tanpa beban. Setting untuk pompa adalah sebagai berikut:

- a. Memeriksa dan memastikan kondisi mesin dalam kondisi sesuai yang diinginkan. Mur dan baut pada masing-masing alat tersebut diperiksa kekencangannya. Mesin diperiksa apakah bekerja dengan normal.
- b. Menyiapkan mesin dengan kondisi *unbalance*

2. Tahap Pengambilan Data

Setelah mesin disiapkan, langkah selanjutnya adalah pengambilan data :

- a. Memasang sensor *accelerometer* pada 3 posisi yaitu posisi vertikal (dibagian atas pompa), horizontal (bagian samping pompa) dan axial (bagian depan pompa/ sejajar poros pompa).
- b. Menghubungkannya dengan DAC ke komputer.
- c. Menghidupkan motor kondisi normal
- d. Kemudian merekam data sinyal getaran pada DAC dengan komputer.
- e. Menyimpan file data DAC
- f. Mengulang langkah a – e dengan kondisi mesin *unbalance*



Gambar 1. Langkah Pengambilan Data

3. Tahap Pengolahan Data

Dari data yang disimpan dalam DAC, dilakukan proses menggunakan *Fourier Fast Transform*. Kemudian data *output* diplot dalam bentuk grafik. Kemudian dilakukan analisis terhadap grafik tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Kondisi Standar / Normal

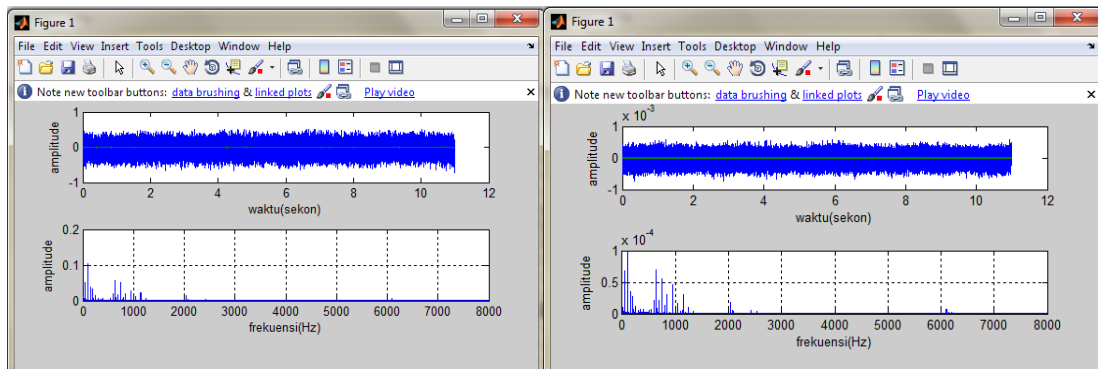
Untuk mendapatkan kondisi standar atau normal, pengujian dilakukan terlebih dahulu dengan melakukan *balancing*, *alignment* dan pengencangan komponen-komponen rotordinamik. Pengujian kondisi normal dijadikan sebagai acuan kondisi mesin ideal tanpa cacat atau kerusakan.

$$\text{Frekuensi pompa} = \frac{2800 \text{ RPM}}{60 \text{ menit}} = 46,7 \text{ Hz}$$

Data pengukuran diolah pada *matlab* menggunakan FFT, didapat sinyal dalam domain waktu dan domain frekuensi. Hal ini bertujuan untuk memastikan spektrum hasil pengolahan data.

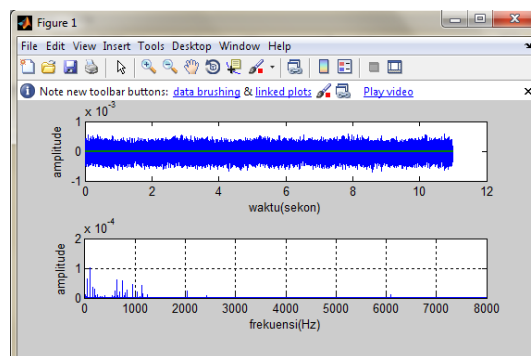
Tabel 1. Amplitudo Getaran Pompa Normal Frekuensi 46,7 Hz

| Pengukuran ke- | Amplitudo | | |
|----------------|-----------------|---------------|------------|
| | Arah horisontal | Arah vertikal | Arah axial |
| 1 | 0,01 | 0,0007 | 0,0001 |
| 2 | 0,012 | 0,00065 | 0,0001 |
| 3 | 0,015 | 0,0007 | 0,00015 |
| 4 | 0,01 | 0,0006 | 0,0001 |
| 5 | 0,014 | 0,00065 | 0,0001 |
| Rata-rata | 0,0122 | 0,00066 | 0,00011 |



(a)

(b)



(c)

Gambar 2. Hasil Pengolahan Data Kondisi Normal (a) Posisi Horizontal (b) Posisi Axial (c) Posisi Axial

Dari gambar 2 terlihat bahwa sinyal *baseline* kondisi normal dengan semua posisi, mesin mempunyai besaran amplitudo yang hampir sama pada setiap satuan waktu. Hal ini dapat dikatakan bahwa sinyal bersifat stasioner. Pada domain waktu belum dapat di analisis berapa frekuensi dasar dari masing-masing kondisi. Karena itu perlu dirubah dari domain waktu ke dalam domain frekuensi.

Terlihat dari gambar 2, pengukuran posisi horizontal mempunyai amplitudo yang paling besar diantara pengukuran vertikal dan axial. Frekuensi acuan sebesar 46,7 Hz, maka grafik tersebut menunjukkan tinggi amplitudo terbesar pada 1xRPM. (V. Wowk, 1991)

B. Pengujian Kondisi Unbalance

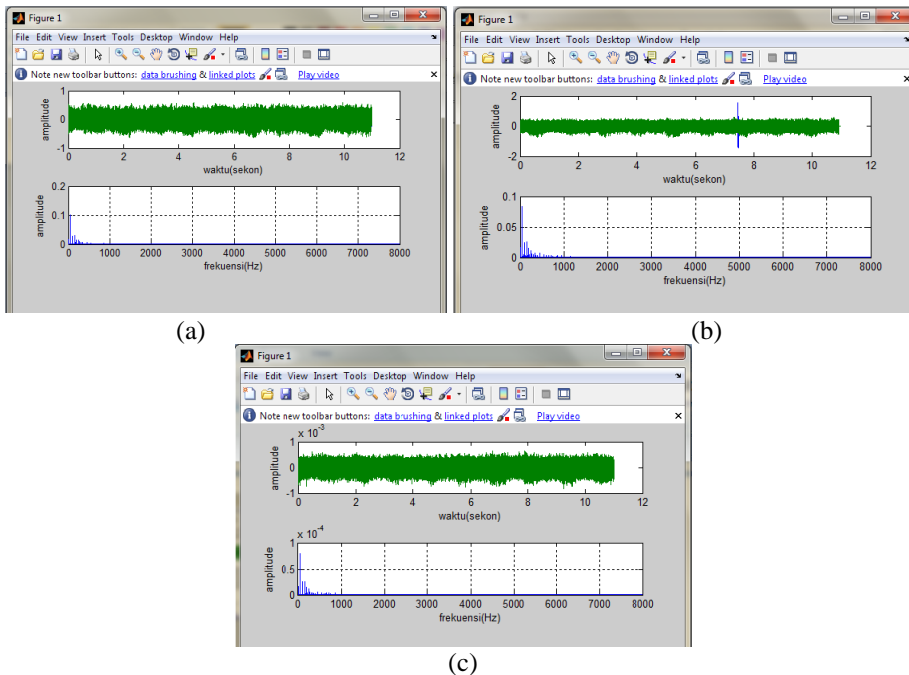
Pengujian kondisi *unbalance* diuji pada piringan rotor yang telah dibuat. Kondisi *unbalance* pada rotor dibuat dengan memberikan massa *unbalance* pada impeller motor. Massa *unbalance* yang diberikan pada rotor yaitu 15gr dan 25 gram.



Gambar 3 Kerusakan Mesin Kondisi *Unbalance*

Tabel 2. Amplitudo Getaran Pompa *Unbalance* massa 15gram

| Pengukuran ke- | Amplitudo | | |
|----------------|-----------------|---------------|------------|
| | Arah horisontal | Arah vertikal | Arah axial |
| 1 | 0,1 | 0,070 | 0,0001 |
| 2 | 0,1 | 0,085 | 0,0001 |
| 3 | 0,1 | 0,090 | 0,00015 |
| 4 | 0,1 | 0,090 | 0,0001 |
| 5 | 0,1 | 0,075 | 0,0001 |
| Rata-rata | 0,1 | 0,082 | 0,00011 |



Gambar 4. Hasil Pengolahan Data Kondisi *Unbalance* (a) Posisi Horizontal (b) Posisi Axial (c) Posisi Axial

Dari gambar 4 terlihat bahwa sinyal *baseline* kondisi *unbalance* dengan semua posisi, mesin mempunyai besaran amplitudo yang hampir sama pada setiap satuan waktu. Hal ini dapat dikatakan bahwa sinyal bersifat stasioner. Pada domain waktu belum dapat di analisis berapa frekuensi dasar dari masing-masing kondisi. Karena itu perlu dirubah dari domain waktu ke dalam domain frekuensi.

Terlihat dari gambar 2, pengukuran posisi horizontal mempunyai amplitudo yang paling besar diantara pengukuran vertikal dan axial. Frekuensi acuan sebesar 46,7 Hz, maka grafik tersebut menunjukkan tinggi amplitudo terbesar pada 1xRPM

Karakteristik dari *unbalance* ini dapat diketahui dengan adanya

1. amplitudo yang tinggi pada 1xRPM (pada frekuensi 46,7 Hz)
2. rasio amplitudo antara pengukuran arah horizontal dan vertikal kecil ($H/V < 3$).

$$\frac{H}{V} = \frac{0,01}{0,082} = 1,22 < 3$$

3. Ketika pada kondisi *unbalance*, maka getaran horizontal dan vertikal jauh lebih tinggi dibandingkan axial

Dari penelitian yang telah dilakukan, kerusakan pada mesin berputar akibat kondisi *unbalance* sistem poros rotor, dapat dilakukan dengan menganalisis sinyal getaran. Diagnosa terhadap kerusakan ini dilakukan untuk proses perbaikan hingga jadwal *shut down*

4. KESIMPULAN

1. Pada domain frekuensi pada kondisi pompa normal menunjukkan tinggi amplitudo terbesar 1xRPM, dimana posisi horisontal lebih tinggi dari posisi vertikal dan axial
2. Pada domain frekuensi pada kondisi pompa *unbalance* menunjukkan tinggi amplitudo terbesar 1xRPM, dimana perbandingan posisi horisontal dengan vertikal diperoleh 1,22 (<3)
3. Dengan menggunakan metode analisa getaran, kerusakan pada pompa sentrifugal dapat dideteksi tanpa melakukan pembongkaran pompa
4. Analisis getaran dapat memberikan prediktabilitas pemeliharaan waktu penjadwalan perbaikan, mengambil peralatan yang rusak sebelum kondisi berbahaya terjadi dan membantu mencegah penghentian produksi

5. DAFTAR PUSTAKA

- Girdhar, Paresh., 2004, "Practical Machinery Vibration Analysis and Predictive Maintenance", Oxford, Newnes Inc.
- M. Bur, M. Okuma, J. Malta, F. Huda., 2005. Experimental Study of Vibration on Rotor System Due to Unbalance Mass and Misalignment.
- V. Wowk., 1991. Machinery Vibration, New York :McGraw-Hill, Inc.

