

ANALISIS VIBRASI PADA POMPA PENDINGIN PRIMER JE01 AP003

Pranto Busono, Syafrul, Aep Saefudin Catur

PRSG - BATAN

Abstrak

ANALISIS VIBRASI PADA POMPA PENDINGIN PRIMER JE01 AP003. Pompa pendingin primer JE01 AP003 merupakan salah satu komponen utama pada keselamatan operasi reaktor sehingga perlu dilakukan deteksi awal jenis dan tingkat kerusakan komponen penyusunnya. Komponen utama dari pompa yang sering mengalami kerusakan adalah *bearing*. Salah satu indikasi *bearing* telah mengalami kerusakan yaitu adanya vibrasi atau kenaikan suhu pada *bearing*. Tujuan dari penulisan ini adalah untuk mengetahui gejala kerusakan *bearing* dan tingkat kerusakannya berdasarkan analisis vibrasi. Salah satu cara untuk mendeteksi awal gejala kerusakan pompa adalah dengan mengetahui respon vibrasi hasil pengukuran dengan vibration tester. Berdasarkan analisis vibrasi akan diperoleh *cited peak* pada arah radial, aksial dan tangensial. Dari hasil analisis vibrasi tersebut maka dapat ditentukan gejala kerusakan pada *free end bearing* pompa pendingin primer JE01AP003 berupa *looseness* dengan tingkat kerusakan *moderate* sehingga perlu dilakukan penggantian *bearing* JE01 AP003 meskipun kerusakan yang terjadi belum parah.

Kata kunci : pompa primer, analisis vibrasi

Abstract

VIBRATION ANALYSIS OF PRIMARY AIR PUMP JE01 AP003. JE01 AP003 primary coolant pump is one of the main components in the safe operation of the reactor so that needs to be done early detection of damage types and levels of its constituent components. The main components of the pump that is often damaged bearing. The purpose of this paper is to know the symptoms of bearing damage and the level of damage based on vibration analysis. One indication of the bearing has been damaged, that is the vibration or temperature rise in the bearing. One way to detect early symptoms of damage to the pump is to use the vibration response peak Based on the analysis of the measurement results cited the obtained results that the primary coolant pump JE01 AP003 has been damage to a free end looseness bearing with moderate levels of damage. Need JE01 AP003 bearing replacement even though the damage is not severe.

Key words : primary pump, vibration analysis

PENDAHULUAN

Pompa adalah salah satu mesin fluida yang digunakan untuk memindahkan fluida dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara menaikkan tekanan fluida tersebut. Pompa sentrifugal mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan pompa yang lain, yaitu: harga murah, konstruksi sederhana, kemudahan pemasangan, kapasitas dan *head* yang tinggi, kemudahan operasional serta pemeliharaan. Namun dalam pengoperasian di lapangan sering dijumpai kegagalan, salah satu penyebabnya adalah getaran yang ditimbulkan dengan penyambungan kopleng sebagai penerus putaran dan daya. Getaran tersebut dapat merusak poros, merusak *bearing*, menimbulkan *noise*, penurunan *head*, penurunan kapasitas dan penurunan efisiensi pompa.

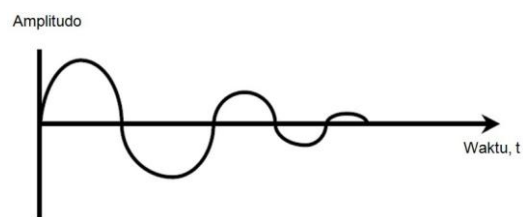
Pompa pendingin primer JE01 AP003 merupakan salah satu komponen utama pada keselamatan operasi reaktor. Pompa pendingin primer JE01 AP003 berfungsi untuk sirkulasi air pendingin primer reaktor RSG-GAS. Komponen utama dari pompa yang sering mengalami kerusakan adalah *bearing*.

Tujuan dari penulisan ini adalah untuk mengetahui gejala kerusakan *bearing* dan tingkat kerusakannya berdasarkan analisis vibrasi. Salah satu cara untuk mendeteksi awal gejala kerusakan pada *bearing* pompa adalah dengan menggunakan respon vibrasi. Indikasi kecil getaran yang terjadi pada poros pompa dapat digunakan untuk mengetahui jenis kerusakan dan tingkat kerusakan pada *bearing* pompa. Lingkup dari penulisan ini adalah analisis gejala kerusakan *free end bearing* dari pompa pendingin primer JE01 AP003. Respon vibrasi dari suatu pompa merupakan salah satu indikator yang menunjukkan kondisi mekanis dari suatu pompa. Dengan menggunakan alat ukur vibrasi maka dapat diketahui jenis kerusakan yang terjadi serta seberapa besar tingkat kerusakan tersebut.

DASAR TEORI

Time Domain Characterization

Sinyal secara umum dapat dinyatakan dalam bentuk : *time domain characterization* atau *frequency domain characterization*^[1]. Bentuk sinyal *time domain characterization* ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. *Time domain characterization*

Bentuk sinyal seperti gambar di atas adalah bentuk sinyal sinusoidal, yang dapat dinyatakan dalam persamaan matematika sebagai berikut :

$$s(t) = A \sin(2\pi ft + \theta)$$

Dimana :

- (t) : tinggi gelombang
- θ : beda fase
- f : frekuensi = 1 / period (T)
- A : amplitudo
- t : waktu (detik)

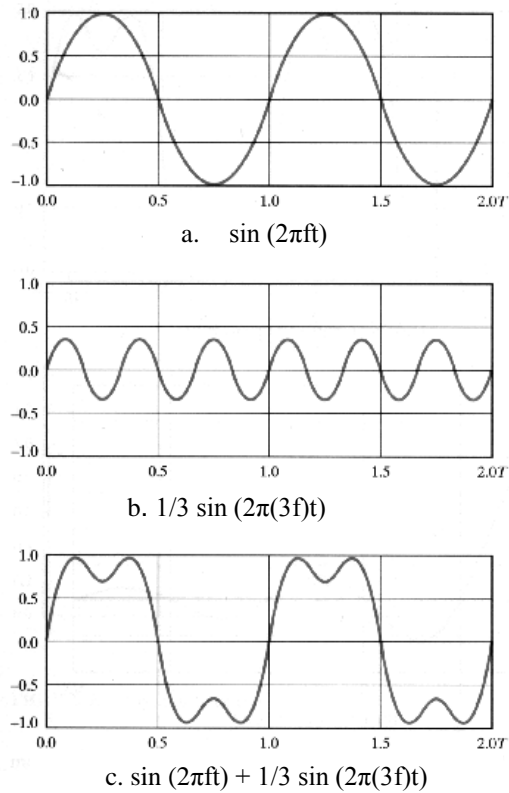
Frequency Domain Concepts

Suatu sinyal periodik merupakan hasil penjumlahan dari beberapa sinyal penyusunnya dengan menggunakan deret *Fourier*, yang dapat dinyatakan sebagai berikut

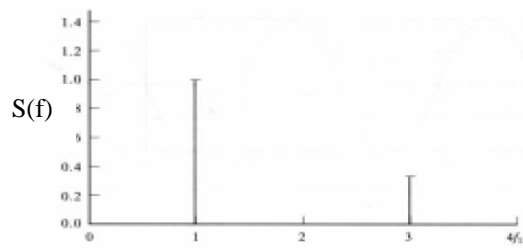
$$x(t) = C_0 + \sum_{n=1}^{\infty} C_n \cos(2\pi n f_0 t + \theta_n)$$

$$f_0 = \frac{1}{T}$$

Komponen sinyal sinusoidal pada frekuensi tertentu merupakan perkalian (harmonik) dari frekuensi periodik dasarnya. Bentuk *frequency domain characterization*^[1] tersebut dapat digambarkan pada Gambar 3.



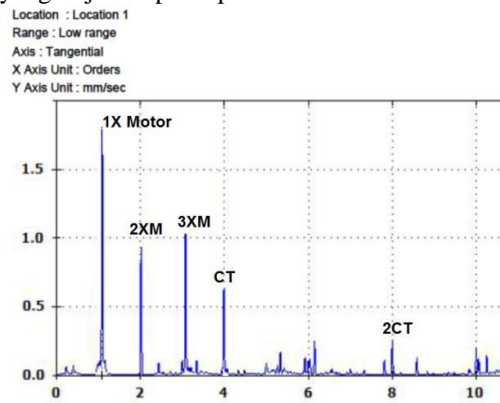
Gambar 2. Grafik penjumlahan dari beberapa frekuensi yang berbeda



$$S(t) = \sin(2\pi ft) + \frac{1}{3} \sin(2\pi(3f)t)$$

Gambar 3. *Frequency Domain Characterization*

Setelah diperoleh grafik *frequency domain characterization* maka dapat dihitung *cited peak* yang terjadi seperti pada Gambar 4.^[2]



Gambar 4. Cara menentukan *cited peaks*

Setelah *cited peak* pada masing-masing spektrum dihitung maka dapat ditentukan jenis perubahan dengan menggunakan acuan Tabel 1. Sedangkan untuk menentukan tingkat kerusakan *bearing* dapat menggunakan acuan pada Tabel 2.

Tabel 1. Jenis kerusakan sistem berdasarkan spektrum frekuensi.^[3]

<i>Machine Fault</i>	<i>Frequency and Axis found</i>	<i>Component found</i>	<i>Advanced Severity</i>
<i>Unbalance</i>	<i>1X - All radial directions</i>	<i>On affected component</i>	<i>Higher amplitude 1X</i>
<i>Parallel Misalignment</i>	<i>2X - Radial & Tangential</i>	<i>Both sides of coupling</i>	<i>Higher amplitude 2X</i>
<i>Angular Misalignment</i>	<i>1X – Axial</i>	<i>Both sides of coupling</i>	<i>Higher amplitude 1X</i>
<i>Looseness</i>	<i>1X harmonics - All directions</i>	<i>On affected component</i>	<i>More harmonics, higher</i>
<i>Roller Bearings</i>	<i>Non integer - All directions</i>	<i>On affected component</i>	<i>Harmonic, sidebands noise hump, noise floor</i>

Tabel 2. Tingkat kerusakan bearing^[3]

No.	Nilai	Severity	Rekomendasi	Prioritas	Diskripsi prioritas
1	0 – 25	Slight	Tidak perlu tindakan	1	Tidak ada rekomendasi perbaikan
2	26 – 50	Moderate	Monitoring vibrasi, Tidak perlu dilakukan perbaikan	2	Tidak ada tindakan perbaikan segera yang diperlukan
3	51 – 75	Serious	Perencanaan perbaikan	3	Perlu untuk segera dilakukan penjadwalan perbaikan
4	76 – 100	Extreme	Segera dilakukan perbaikan atau penggantian	4	Segera dilakukan perbaikan

TATA KERJA

Peralatan yang digunakan untuk melakukan pengukuran vibrasi adalah *Fluke 810 Vibration Tester*, Data yang diperlukan sebelum dilakukan pengukuran adalah: tipe motor, daya nominal, putaran motor, jenis bearing, tipe pemasangan motor.

Urutan langkah untuk menentukan jenis kerusakan bearing:

1. Melakukan pengukuran putaran motor dengan *fluke 810 vibration tester* untuk menentukan frekuensi *baseline*.

2. Pengukuran vibrasi pompa JE01 AP003 dengan fluke 810 vibration tester untuk mendapatkan spektrum frekuensi.
3. Menentukan cited peaks dari setiap spektrum hasil pengukuran yang menyimpang dari frekuensi baseline.
4. Melakukan analisis Cited peak yang diperoleh terjadi dengan cara:
 - Cari *cited peak* pada *high range* yang lebih besar dari 10.
 - Cari *cited peak* yang terjadi *low ranget*.
5. Melakukan diagnose gejala kerusakan yang terjadi berdasarkan spektrum frekuensi hasil pengukuran dibandingkan dengan Tabel 1.
6. Menentukan severity/tingkat keparahan dengan acuan Tabel 2. dan memberikan rekomendasi perbaikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengukuran ini dilakukan di dua posisi, yaitu *free end bearing* (lokasi 1) dan *free end ball bearing* (lokasi 2) seperti terlihat pada Gambar 5.



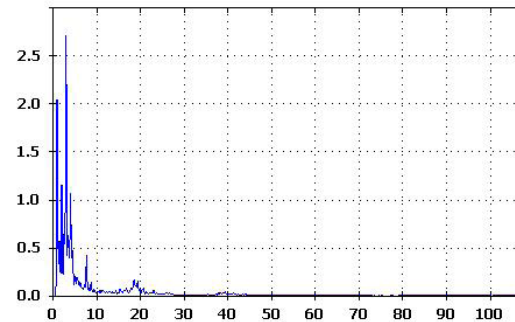
Gambar 4. Lokasi pengukuran

Sedangkan data detail motor pompa yang dilakukan pengukuran dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data detail motor pompa

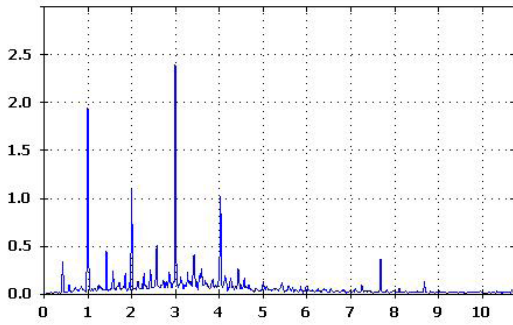
Sistem	JE01 AP003
Tipe motor	AC
AC motor with VFD (Variable Frequency Dynamic)	No
Kecepatan putaran	1500 rpm
Daya nominal	160 kw
Pemasangan motor	harizontal
Tipe bearing	Roller bearing
Tipe pompa	Centrifugal pump

Hasil pengukuran vibrasi motor pompa dapat dilihat pada Gambar 6 sampai dengan Gambar 11.



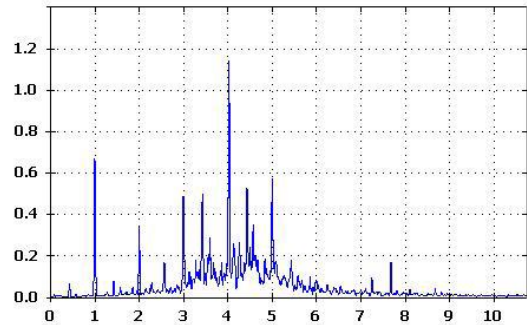
Gambar 6. Spektrum frekuensi aksial pada skala tinggi pada lokasi 1

Pada gambar 5 diperoleh data spektrum pengukuran vibrasi dalam arah aksial (searah dengan poros). Dari grafik terlihat bahwa *cited peak* pada *high scale* terjadi pada frekuensi antara 0 sampai dengan 10 sehingga kemungkinan kerusakan yang terjadi adalah *looseness*.



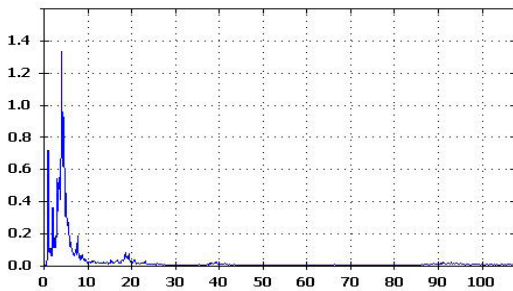
Gambar 7. Spektrum frekuensi aksial pada skala rendah lokasi 1

Pada gambar 7 diperoleh data spektrum pengukuran vibrasi dalam arah aksial (searah dengan poros). Dari grafik tersebut terlihat bahwa *cited peak* pada *low scale* terjadi kelipatan satu (bilangan bulat) dari frekuensi *baseline* sehingga kemungkinan kerusakan yang terjadi adalah *angular misalignment* dan *looseness*.



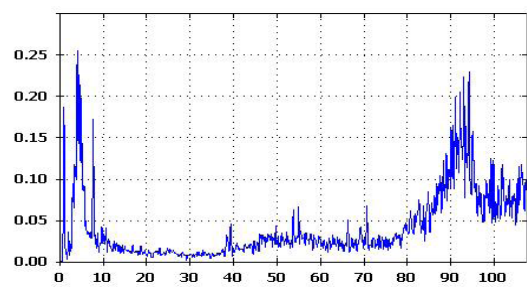
Gambar 9. Spektrum frekuensi tangensial pada skala rendah lokasi 1

Pada gambar 9 diperoleh data spektrum pengukuran vibrasi dalam arah tangensial (tegak lurus dari jari-jari poros). Dari grafik terlihat bahwa *cited peak* pada *low scale* terjadi pada kelipatan 1 frekuensi naturalnya sehingga kemungkinan kerusakan yang terjadi adalah *looseness*.



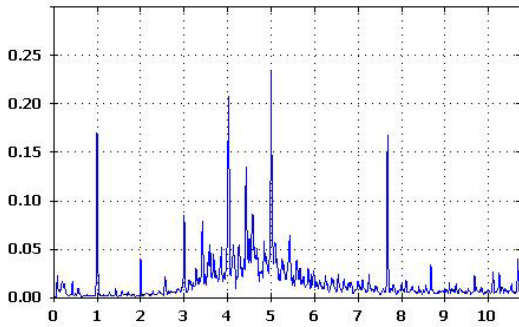
Gambar 8. Spektrum frekuensi tangensial pada skala tinggi lokasi 1

Pada gambar 8 diperoleh data spektrum pengukuran vibrasi dalam arah tangensial (tegak lurus dari jari-jari poros). Dari grafik terlihat bahwa *cited peak* pada *high scale* terjadi pada frekuensi antara 0 sampai dengan 10 sehingga kemungkinan kerusakan yang terjadi adalah *looseness*.



Gambar 10. Spektrum frekuensi radial pada skala tinggi lokasi 1

Pada gambar 10 diperoleh data spektrum pengukuran vibrasi dalam arah radial (menuju pusat poros). Dari grafik terlihat bahwa *cited peak* pada *high scale* terjadi pada sembarang frekuensi sehingga kemungkinan kerusakan yang terjadi adalah *looseness*.



Gambar 11. Spektrum frekuensi radial pada skala rendah lokasi 1

Pada gambar 10 diperoleh data spektrum pengukuran vibrasi dalam arah radial (menuju pusat poros). Dari grafik terlihat bahwa *cited peak* pada *low scale* terjadi pada daerah yang tidak teratur sehingga kemungkinan kerusakan yang terjadi adalah *rooler bearing, unbalance* dan *looseness*.

Dari beberapa grafik 6 sampai dengan 11 diperoleh *cited peak* yang dapat disederhanakan seperti pada tabel 4.

Tabel 4. *cited peak* berdasarkan spektrum frekuensi

No	Sumbu	Amplitudo	Order	Range
1	Aksial	2.40 mm/sec	3	Low
2	Tangensial	1.14 mm/sec	4	Low
3	Aksial	1.03 mm/sec	4	Low
4	Tangensial	0.57 mm/sec	5	Low
5	Tangensial	0.49 mm/sec	3	Low
6	Radial	0.23 mm/sec	5	Low
7	Radial	0.22 mm/sec	93	High
8	Radial	0.21 mm/sec	4	Low

Berdasarkan kondisi diatas maka dapat diperoleh bahwa pada *free end bearing* motor pompa pendingin primer JE01 AP003 kemungkinana terjadi terjadi kerusakan berupa *Looseness*. Tingkat kerusakan pada *free end bearing* motor pompa primer sebesar 26 sehingga berdasarkan Tabel 2, maka tingkat kerusakan termasuk *Moderate*. Berdaasrkan kondisi tersebut maka direkomendasikan untuk segera dijadwalkan penggantian *bearing* tersebut meskipun tingkat kerusakan yang terjadi belum parah.

KESIMPULAN

Analisis hasil pengukuran vibrasi pada motor pompa JE01 AP003 menunjukkan:

1. *Bearing* pompa pendingin primer JE01 AP003 telah mengalami kerusakan *looseness* dengan tingkat kerusakan *moderate*
2. Direkomendasikan untuk melakukan penjadwalan penggantian *bearing* meskipun kerusakan yang terjadi belum terlalu parah.

SARAN

Untuk memperoleh hasil pengukuran yang lebih baik maka diperlukan alat ukur lain dan metode lain sebagai pembanding, misalkan analisis berdasarkan perubahan suhu *bearing*.

UCAPAN TERIMA KASIH

- Operator dan supervisor reactor RSG-GAS yang telah membantu mengoperasikan system
- Bapak Suwarno PT. Siwali Swantika FLUKE & FLUKE NETWORKS Authorized Distributor in Indonesia yang telah memberikan konultasi tentang **Fluke 810 Vibration Tester**.

DAFTAR PUSTAKA

1. William T. Thomson, Teori Getaran dengan penerapan, edisi ke 2, Alih bahasa Dra. Lea Prasetio M.Sc. Penerbit Erlangga, Indonesia, 1995.
2. Richard G. Budynas, Mechanical Engineering design, eighth edition, Mc Graw Hill, 2008.
3. Viewer Software – Review Diagnostic Results, Fluke 810 Vibration Tester, 2010