

# DETEKSI KERUSAKAN BEARING PADA CONDENSATE PUMP DENGAN ANALISIS SINYAL VIBRASI

**Ganong Zainal Abidin, I Wayan Sujana**  
Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Malang  
Email : ganongzainal@outlook.com

## ABSTRAKSI

*Suatu mesin dikatakan ideal apabila seluruh energi dalam mesin tersebut dapat diubah menjadi kerja. Walaupun demikian tidak ada suatu mesin yang dikatakan sebagai mesin ideal karena sebagian energi dalam mesin terbuang menjadi energi bentuk lain seperti getaran. Getaran dari mesin tersebut membentuk sinyal yang dapat dideteksi oleh alat CSI Analyzer 2130 untuk menghasilkan suatu sinyal vibrasi. Dari sinyal vibrasi inilah dapat di analisa suatu kerusakan pada mesin. Seperti kerusakan yang terjadi pada bantalanpompa kondensat. Dari penelitian ini didapatkan hasil analisa bahwa sinyal vibrasi pada bantalan dalam kondisi normal dan bantalan kondisi rusak sangat berbeda. Perbedaan tersebut terlihat pada bentuk sinyal spektrum dan waveform vibrasi. Selain itu nilai overall juga menunjukkan perbedaan pada kedua kondisi bantalan pompa kondensat. Nilai overall yang dihasilkan pada bantalanrusak yaitu sebesar 3,491 G-s pada sisi peakvue. Berbeda dengan bantalanpada kondisi normal dengan nilai overall sebesar 0,187 G-s. Nilai overall bantalanrusak sudah melampaui batas baik vibrasi yaitu 1,80 G-s.*

**Kata Kunci** : CSI Analyzer 2130, Vibrasi, Frekuensi, Spektrum, Waveform, Bantalan, Pompa Kondensat.

## PENDAHULUAN

Suatu mesin dikategorikan dalam keadaan ideal apabila seluruh energi dalam mesin tersebut dapat diubah menjadi kerja. Walaupun demikian tidak ada suatu mesin buatan manusia yang sudah dalam kategori ideal karena beberapa energi yang dihasilkan akan terbuang menjadi energi dalam bentuk lain, salah satunya adalah getaran mekanik. Getaran mekanik yang dihasilkan dari mesintersebut berasal dari aktivitas mesin dengan operasi putaran dan kecepatan tinggi. tersebut berasal dari aktivitas mesin dengan operasi putaran dan kecepatan tinggi. Sehingga getaran tersebut memiliki frekuensi yang tidak stabil yang

tidak dapat dirasakan secara signifikan oleh indra manusia.

Salah satu mesin yang memiliki putaran dan kecepatan tinggi dengan frekuensi getaran yang selalu berubah – ubah adalah pompa. Pompa bertujuan menyediakan tekanan dan temperatur minyak yang tetap untuk bantalan(*bearing*) gas turbindan generator. Elemen pompa itu sendiri umumnya menggunakan bantalan untuk mendukung putaran poros. Apabila dalam sistem mekanik seperti pompa menggunakan elemen bantalan, maka indikasi permasalahan pada pompa dapat ditentukan dari frekuensi getaran yang dihasilkan oleh bantalan tersebut. Adapun masalah yang

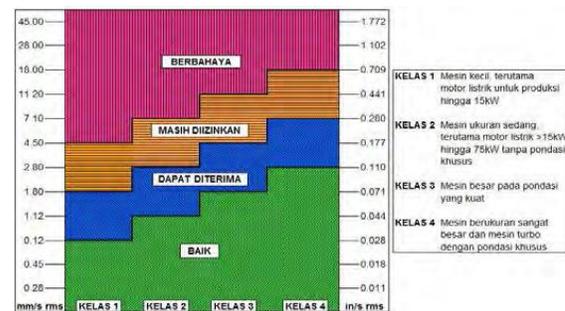
dibahas yaitu getaran dengan frekuensi tidak stabil pada *bearing condensate pump* perlu dianalisa untuk mengetahui kerusakannya dengan analisis sinyal vibrasi. Tujuan dari penulisan ini adalah untuk mengetahui kerusakan pada *bearing condensate pump* dengan analisis sinyal vibrasi.

## TINJAUAN PUSTAKA

Analisa vibrasi adalah salah satu teknik yang sering digunakan dalam melakukan teknik prediktif mesin berputar. Teknik ini memanfaatkan karakteristik getaran yang dibangkitkan oleh mesin berputar. Beberapa kerusakan yang sering muncul pada mesin berputar adalah *bearing defect*, *unbalance*, *looseness* dan *misalignment*, beberapa kerusakan tersebut memiliki karakteristik khusus dalam pola sinyal vibrasi yang dibangkitkan. Getaran mempunyai tiga parameter penting yang dapat dijadikan sebagai tolok ukur yaitu amplitudo, frekuensi, dan fase.

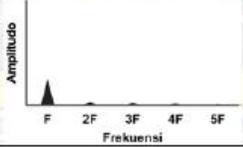
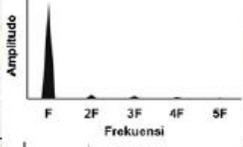
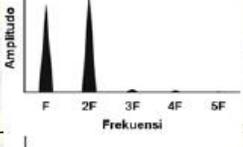
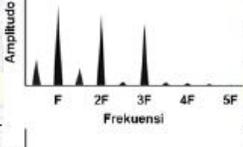
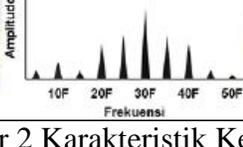
Amplitudo adalah ukuran atau besarnya sinyal vibrasi yang dihasilkan atau mengidentifikasi besarnya gaya yang dihasilkan dari getaran. Makin tinggi amplitudo yang ditunjukkan, menandakan makin besar gangguan yang terjadi. Besarnya amplitudonya bergantung pada tipe mesin dan kerusakan. Kenaikan amplitudo pada frekuensi tertentu mengidentifikasi jenis-jenis gangguan yang terjadi pada bagian mesin. Dengan diketahuinya frekuensi pada saat mesin mengalami vibrasi, maka penelitian atau pengamatan secara akurat dapat dilakukan untuk mengetahui penyebab atau sumber dari permasalahan.

Kenaikan tingkat getaran mesin dapat dilihat melalui trend pengukuran. Ketika tingkat getaran mesin bertambah melampaui sinyal baseline maka perlu dilakukan penanganan khusus pada mesin. Data baseline merupakan sekumpulan data yang didapatkan melalui pengukuran pada saat mesin beroperasi dengan stabil, sehingga data baseline berfungsi sebagai pembanding data pengukuran untuk menentukan kondisi mesin. Sedangkan untuk mengetahui tingkat kerusakan atau keparahan dari mesin berputar digunakan standar untuk mengevaluasi kerusakan berdasarkan kelas dan tipe mesin, salah satu standar pengukuran getaran yaitu *International*



*Organization for Standardization (ISO).*

Gambar 1 Standar Vibrasi Motor ISO 10816-1

Kondisi	Karakteristik Spektrum Vibrasi	Nilai Amplitudo yang Tinggi
Normal		Semua nilai amplitudo tidak tinggi, di bawah 4.5 mm/s
Unbalance		Pada 1x frekuensi putaran motor
Misalignment		Pada 1x dan 2x frekuensi putaran motor
Looseness		Antara 1x hingga 6x frekuensi putaran motor
Kerusakan Anti-friction Bearing		Pada frekuensi tinggi. Bukan merupakan fungsi dari putaran motor

Gambar 2 Karakteristik Kerusakan

## 2. Alat penelitian



Gambar 4 CSI Analyzer 2130

1. CSI Analyzer 2130
2. Bearing 6224/C3 (Kondisi baik dan rusak)
3. Condensate Pump
4. Software AMS Suite : Machinery Health Manager
5. Safety APD dan IK

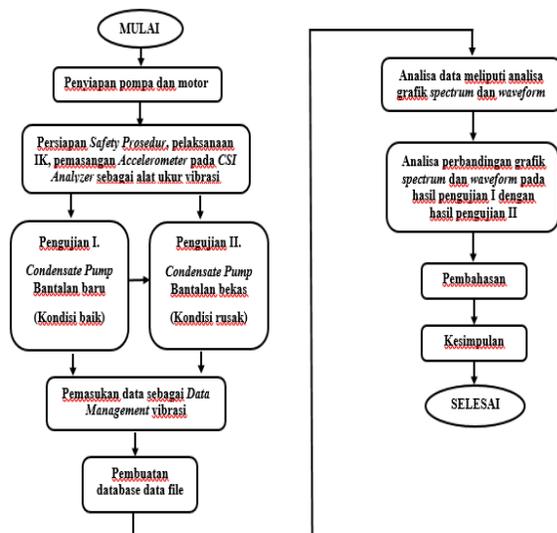
## 3. Prosedur Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengambilan sinyal vibrasi dengan CSI Analyzer 2130 pada sisi vertikal, horizontal dan peakvue condensate pump. Prosedur tersebut adalah sebagai berikut :

1. Condensate Pump dalam kondisi operasi dengan kecepatan putar 1475 RPM, diukur menggunakan alat CSI Analyzer 2130.
2. Pengukuran sinyal vibrasi menggunakan alat ini pada sisi inboard vertikal, horizontal dan peakvue.
3. Setelah didapatkan sinyal vibrasi yang menunjukkan kerusakan pada sisi inboard, maka data tersebut dimasukkan kedalam database software AMS Suite : Machinery Health Manager.
4. Pengukuran selanjutnya pada bantalan baru yang telah menggantikan bantalan

## METODOLOGI PENELITIAN

### 1. Alir Penelitian



Gambar 3 Diagram Alir

rusak pompa kondensat yang rusak guna membandingkan sinyal normal dengan sinyal vibrasi rusak.

5. Langkah pengukuran sinyal vibrasi pada *bearing* normal sama seperti langkah pengambilan data awal.

#### 4. Pengambilan Data

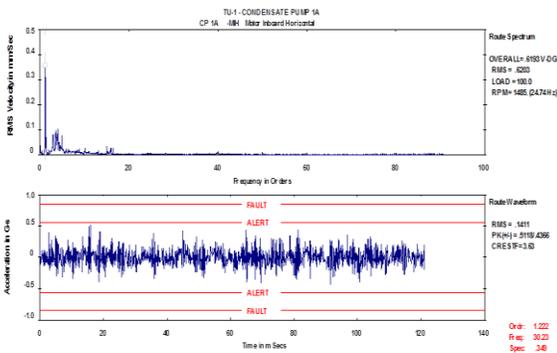
Pengambilan data yang benar dan akurat akan sangat membantu untuk proses analisa hasil penelitian. Metode pengambilan data juga menentukan kualitas data yang diperoleh. Pada penelitian ini, peneliti mengambil data secara langsung dengan mengamati peristiwa yang terjadi dengan mengadakan suatu pengamatan terhadap gejala kerusakan yang terjadi.

### DATA PENELITIAN

Penyajian data penelitian berupa grafik spektrum dan waveform sinyal vibrasi dari proses penelitian pada *bearing condensate pump* yang rusak dan setelah masa penggantian *bearing* yaitu *bearing* normal.

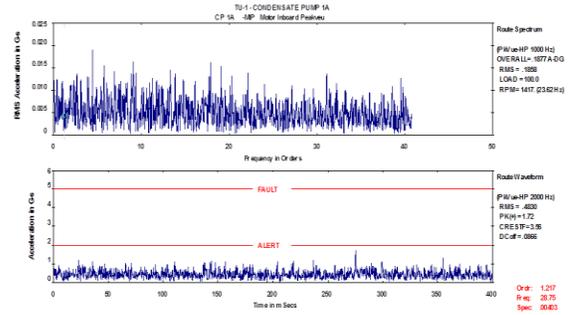
#### 1. Sinyal Vibrasi Bearing Normal

- Motor Inboard Horizontal



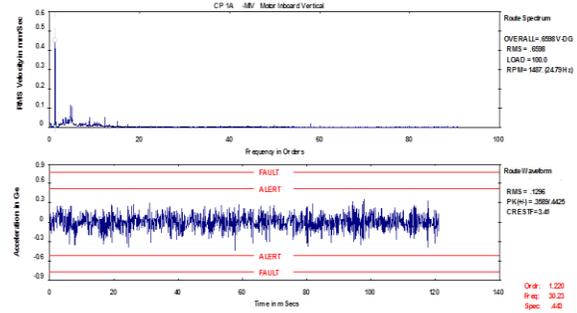
Grafik 1 MIH

- Motor Inboard Peakvue



Grafik 2 MIP

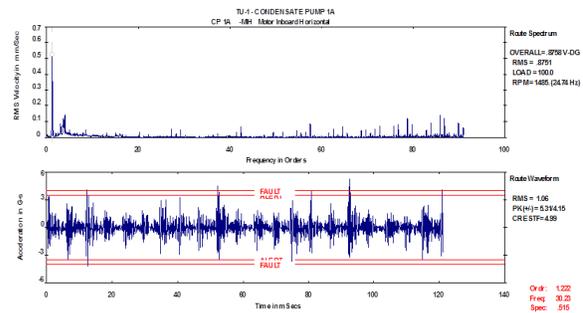
- Motor Inboard Vertikal



Grafik 3 MIV

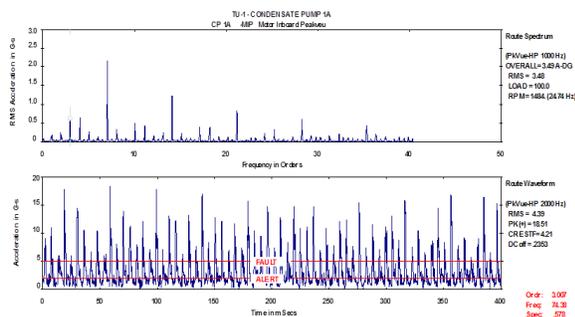
#### 2. Sinyal Vibrasi Bearing Rusak

- Motor Inboard Horizontal



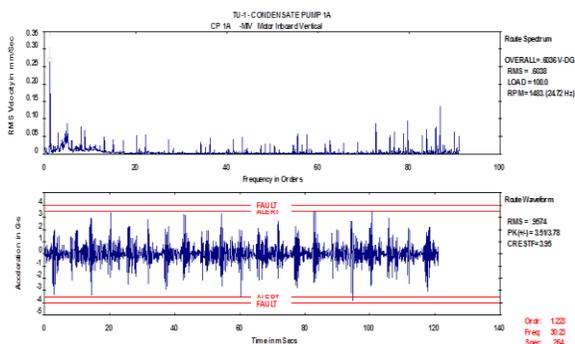
Grafik 4 MIH

- Motor Inboard Peakvue



Grafik 5 MIP

- Motor Inboard Vertikal



Grafik 6 MIV

### 3. Nilai Overall Bearing

NO	SISI PENGAMBILAN DATA	OVERALL BEARING NORMAL	OVERALL BEARING RUSAK
1	MIH	0.619 mm/sec	0.876 mm/sec
2	MIP	0.187 G-s	3.491 G-s
3	MIV	0.659 mm/sec	0.604 mm/sec

Tabel 1 Nilai Overall

## ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

**Grafik 1** adalah grafik hasil pengukuran pada sisi motor inboard horizontal berupa sinyal vibrasi spectrum dan waveform. Sinyal spectrum dan waveform ini menunjukkan bahwa sinyal vibrasi bagian inboard horizontal dalam keadaan normal. Meskipun pada grafik spectrum menunjukkan bahwa *bearing* dalam keadaan unbalance, namun dikarenakan nilai unbalance pada spectrum yaitu overall 0,619 mm/sec termasuk masih dalam batasan normal vibrasi *bearing* pada condensate pump. nilai ini merupakan nilai rata – rata atau nilai secara keseluruhan amplitudo getaran terhadap berbagai frekuensi yang bisa dinyatakan dalam kecepatan, percepatan maupun perpindahan.

**Grafik 2** adalah grafik yang menunjukkan sinyal vibrasi pada sisi inboard peakvue. Peakvue disini telah dijelaskan pada 3.3.4, yang merupakan sisi paling sensitif terhadap kerusakan *bearing*. Sinyal vibrasi tersebut menunjukkan bahwa *bearing* pada sisi inboard tidak memiliki kendala ataupun kerusakan, dikarenakan nilai overall motor inboard peakvue tidak mencapai batas alarm yaitu 0,187 G-s. Order harmonic dari spectrum terlihat stabil dan tidak menunjukkan tanda – tanda maupun perubahan yang signifikan. Order dan harmonic yang stabil juga ditunjukkan pada grafik waveform yaitu harmonic dari sinyal vibrasi tidak mencapai batas *alert* yang mengindikasikan bahwa *bearing* mengalami kerusakan.

**Grafik 3** terlihat memiliki gelombang dengan frekuensi yang halus. Hal ini ditunjukkan pada grafik spectrum yang memiliki overall sebesar 0,659 mm/sec dengan sideband antara 0-90 Hz. Nilai ini dibawah batas alarm sinyal vibrasi dengan kerusakan pada *bearing* meskipun terlihat ada sinyal tinggi pada 1xRPM yang menyatakan bahwa *bearing* tersebut mengalami unbalance. Pada sinyal vibrasi waveform pun menunjukkan bahwa order tidak mencapai titik batas yang dinyatakan bahwa *bearing* itu mengalami kerusakan.

**Grafik 4** menunjukkan bahwa terdapat ketidak stabilan order pada harmonic frekuensi tinggi. Hal ini ditunjukkan pada band 70-90 Hz dan mengindikasikan bahwa adanya unbalance pada *bearing* pompa. Nilai overall yang menyatakan 0,876 mm/sec yang berarti unbalance tidak mencapai sinyal alarm namun sinyal yang ditunjukkan oleh spectrum bahwa tidak ada gelombang harmonic pada sisi inboard horizontal. Sinyal yang ditampilkan oleh grafik waveform pun juga menunjukkan bahwa peak sudah melebihi batas alert bahkan mencapai sinyal fault. Nilai RMS juga hanya mencapai nilai 1,06 G-s.

**Grafik 5** terlihat terdapat simpang order pada harmonic spectrum pada band 1000 Hz, sehingga pada sisi peakview ini mendukung bahwa terjadi kerusakan pada sisi *bearing* dengan nilai overall 3,491 G-s yang melebihi batas normal vibrasi *bearing* 6224/C3 pada sisi inboard. Namun kerusakan *bearing* dengan overall tersebut tidak dapat terdeteksi oleh sisi horizontal dan vertikal. Pada sinyal waveform juga menunjukkan bahwa pada band 2000 Hz,

nilai RMS juga melebihi batas normal yaitu 4,39 G-s. Gelombang pada waveform juga menunjukkan bahwa order telah melebihi *alert signal* yang jika diartikann bahwa *bearing* tersebut dalam keadaan rusak.

**Grafik 6** adalah grafik pada sisi inboard vertikal, yang menunjukkan bahwa terdapat order yang tidak harmonik pada frekuensi tinggi. Gelombang amplitudo juga tidak menunjukkan adanya harmonic sehingga menyatakan bahwa adanya kerusakan meskipun nilai overall pada batas aman, yang artinya kerusakan tersebut tidak terdeteksi secara nilai overall.

Setelah dilakukan kaji analisa terhadap kerusakan bearing ini rusak disebabkan karena grease atau minyak pelumas bearing tidak diberikan sesuai standar pemberian grease pada bearing 6224/C3 condensate pump. Selain itu pemberian grease juga tidak sesuai dengan tipe dan seri yang dianjurkan sesuai name plate pada condensate pump.

Pemberian grease yang tidak sesuai standar disini dikarenakan kesengajaan ketika pemasangan untuk menghindari temperature tinggi akibat gesekan yang diberikan antara minyak pelumas dengan casing bearing. Karena pada mulanya pompa tersebut pernah diberikan minyak pelumas sesuai standar, namun temperature berangsur naik selama 3 hari setelah pemasangan. Hal inilah yang sengaja dihindari dan perbandingan antara pemberian grease yang sesuai standar dengan pemberian grease dibawah standar adalah pada umur pakai bearing. Apabila pemberian minyak pelumas sesuai standar tentu saja umur bearing akan sesuai dengan umur pakai yang telah di

prediksi oleh pabrik, akan tetapi akan ada peningkatan temperature selama beberapa hari yang tentunya akan mengganggu kinerja kopling, alignment, gear box dan vibrasi pompa itu sendiri. Namun apabila pemasangan bearing dengan grease dibawah standar maka umur pakai bearing itu sendiri akan dibawah prediksi umur pakai bearing sesuai pabrik, gesekan yang timbul akan kecil dan temperature condensate pump akan tetap stabil sehingga tidak mengganggu komponen lain pada equipment itu sendiri.

Minyak pelumas condensate pump yang tidak sesuai dengan name plate pompa dikarenakan tipe minyak yang sesuai dan dianjurkan untuk melumasi pompa tersebut adalah Mobilux EP2, akan tetapi pemberian grease adalah alvania EP2 yang memiliki nilai viskositas yang lebih kecil yaitu 100 dibandingkan dengan viskositas Mobilux EP2 yaitu 160. Karena dianggap tidak berbeda jauh dari Mobilux EP2 yang sesuai name plate condensate pump maka dipakailah Alvania EP2. Meskipun spesifikasi antara kedua minyak pelumas pompa tersebut tidak jauh berbeda, namun faktor inilah yang termasuk dalam penyebab unbalance dan anti-friction bearing pada bearing. Dari spesifikasi Condensate Pump, Mobilux EP2 telah disebutkan bahwa kesesuaian grease dengan name plate pompa adalah standar yang telah ditetapkan pada Condensate Pump tersebut.

Dalam teori yang saya temukan buku Reliability Solution : Analisa Vibrasi Mesin, menyatakan bahwa pada analisis spectrum menyatakan bahwa suatu mesin mengalami kerusakan unbalance ketika amplitudo yang tinggi pada 1xRPM. Pada standar vibrasi

ISO 10816-1 menyatakan bahwa pada mesin tingkat 3 memiliki kondisi yang baik pada saat mesin tersebut memiliki nilai vibrasi mencapai 1,80 mm/s. mesin tingkat 3 dinyatakan dalam keadaan tidak baik ketika mesin tersebut memiliki nilai vibrasi sebesar 1,80 – 4,50 mm/s.

Fenomena tersebut terjadi pada penelitian ini, dimana bearing pada condensate pump memiliki nilai overall sebesar 3,491 G-s dengan amplitudo tidak harmonic sehingga bearing condensate pump tersebut dinyatakan dalam keadaan rusak. Kerusakan yang terjadi pada bearing tersebut termasuk dalam jenis kerusakan unbalance karena memiliki amplitudo tinggi pada 1xRPM sehingga bearing pada condensate pump tersebut perlu dilakukannya penggantian

## KESIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian tentang kerusakan *bearing* pada *condensate pump*, maka dapat diambil kesimpulannya sebagai berikut :

1. Karakteristik kerusakan pada *bearing* 6224/C3 adalah kerusakan unbalance dan bearing defect. Kerusakan ini terdeteksi dikarenakan muncul sinyal amplitude tinggi pada 1XRPM dan ketidak harmonikan pada frekuensi tinggi.
2. Hasil analisa dari kerusakan tersebut adalah munculnya nilai overall tinggi pada sisi peakvue, yaitu 3,491 G-s. Nilai yang sangat tinggi jika dibandingkan dengan nilai vibrasi *bearing* normal yaitu 0,187 G-s.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Agilent Technologies. *The Fundamentals of Signature Analysis*. Note: 243
2. Mackay, Steve (Ed.). 2004. *Practical Machinery of Vibration Analysis and Predictive Maintenance*. Oxford: Elsevier.
3. Pratama, Tiara Vibrasindo. 2005. *Pemrosesan Sinyal*. Jakarta: Tiara Reliability Solution.