

## PEMANTAUAN KONDISI MESIN BERDASARKAN SINYAL GETARAN

**Didik Djoko Susilo<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Staf Pengajar - Jurusan Teknik Mesin - Fakultas Teknik UNS

**Keywords :**

*Machine Monitoring  
Vibration Signal  
Data Acquisition  
Signal Spectrum*

**Abstract :**

*This paper discuss the machine condition monitoring based on vibration signal. This signal will be used to obtain the information of machine health, so that it can be determine the need of machine maintenance and prevent the more damages. Signal acquisition is obtained through vibration sensor, amplifier, signal conditioning, data acquisition, and signal processing. The implementation of the machine condition monitoring was done on the fault of rolling bearing in the centrifugal pump, and crack detection on the shaft. Analysis of vibration signal septrum on the machine could show the indications of the bearing fault and crack on the shaft.*

### PENDAHULUAN

Perawatan merupakan kata kunci pada produktivitas sebuah industri. Jika mesin - mesin yang ada pada sebuah industri terawat dengan baik maka tingkat produktivitas industri tersebut akan tinggi. Sehingga kebijakan perawatan mesin menjadi sangat penting. Saat ini kebijakan perawatan prediktif lebih disukai daripada perawatan reaktif karena sangat efektif dalam mengurangi biaya yang harus dikeluarkan untuk kerusakan yang tiba-tiba dan macetnya sebuah mesin atau peralatan saat produksi sedang berjalan.

Perawatan prediktif didasarkan pada pemantauan yang terus - menerus pada peralatan yang dilakukan melalui pengukuran variabel tertentu menggunakan sensor yang sesuai, yang selanjutnya data ini dianalisis untuk memberikan informasi tentang mesin atau peralatan yang dipantau. Pemantauan kondisi mesin atau peralatan berarti:

- Pengumpulan tanda - tanda elektrik atau mekanik sebuah mesin untuk menganalisis perawatan yang diperlukan.
- Pengumpulan informasi proses yang terjadi untuk memberikan pemahaman mendalam untuk mengadakan optimasi unjuk kerja sebuah mesin atau peralatan.

Pemantauan kondisi mesin atau peralatan ini bertujuan untuk :

1. Menentukan kebutuhan perawatan mesin atau peralatan, sehingga dapat dihemat:
  - Biaya perbaikan
  - Biaya penyimpanan suku cadang
  - Biaya penghentian produksi akibat rusaknya mesin.
2. Menjaga mesin tetap beroperasi
3. Mengetahui unjuk kerja mesin sehingga dapat diset secara optimal yang akan menghasilkan : penurunan biaya produksi dan peningkatan konsistensi kualitas produk yang dihasilkan.

Variabel atau sinyal yang dapat digunakan untuk memantau kondisi sebuah mesin atau peralatan antara lain : getaran, temperatur, suara, pembebanan, dan daya sesaat (Rao, 1996). Diantara variabel tersebut, getaran dan temperatur adalah yang paling banyak digunakan, karena :

- Lebih ekonomis.
- Sensor mudah dipindah - pindahkan.
- Tidak merusak komponen mesin yang dipantau.
- Dapat dipasang pada permukaan mesin. (Contreras et.al., 2002).

Sedangkan komponen mekanik yang dapat dipantau kerusakannya melalui pengukuran sinyal dinamiknyanya antara lain :

- Bantalan
- Roda Gigi
- Sabuk
- Poros.
- Baut Pengencang
- Kopling

### Sistem Pemantauan Kondisi Mesin Menggunakan Sinyal Getaran

Sinyal getaran yang memiliki informasi perilaku dinamik sering dipakai untuk mendeteksi kerusakan komponen mesin. Sinyal ini biasanya tercampur dengan sinyal getaran akibat komponen - komponen lain sehingga diperlukan metode yang tepat untuk memisahkan sinyal komponen yang diamati dengan sinyal yang lain, yang selanjutnya sinyal ini diolah untuk memperoleh informasi keadaan mesin atau peralatan yang dipantau.

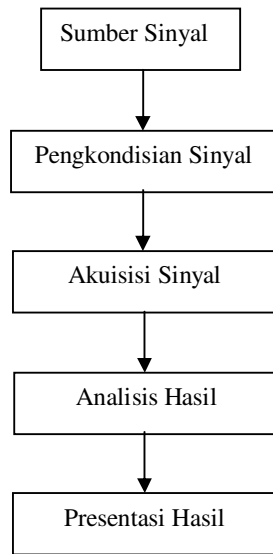
Sinyal getaran yang termasuk sebagai sinyal dinamik merupakan fenomena fisik yang berubah-ubah dengan cepat. Sinyal ini biasanya diubah dalam bentuk sinyal listrik, yang selanjutnya didigitasi menggunakan sebuah analog digital converter (ADC) untuk di olah lebih lanjut. Karakteristik sinyal getaran yang penting untuk pemantauan

kondisi mesin adalah : frekuensi, amplitudo, dan sudut fase

Sistem pemantauan mesin berbasis sinyal getaran ini biasanya terdiri dari :

1. Mesin yang dipantau
2. Transduser.
3. Kabel dan *hardware* pengkondisian sinyal
4. Data Akuisisi
5. Komputer PC
6. *Software*

Secara skematis fungsi - fungsi dalam sistem pemantauan kondisi mesin dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram skematis sistem pemantauan kondisi mesin.

#### A. Sumber Sinyal

Sumber sinyal berasal dari komponen - komponen mesin pada saat mesin tersebut bekerja. Masing - masing komponen ini biasanya memiliki frekuensi kerja yang berbeda - beda. Sumber sinyal tersebut antara lain:

1. Frekuensi kerja mesin
2. Roda gigi
3. Kopling
4. Bantalan

Selain sumber getaran tersebut, jika terjadi gangguan pada mesin juga akan menimbulkan sumber getaran baru, misalkan:

1. Tak balans
2. Sambungan kendur
3. Bantalan cacat

Ketika mesin bekerja maka semua sumber getaran akan berkontribusi untuk menghasilkan getaran mesin yang dapat diukur. Namun demikian biasanya gangguan - gangguan pada mesin tersebut akan memberikan pola getaran yang berbeda, sehingga sinyal getaran ini harus dianalisis dengan metode tertentu untuk memisahkan sinyal akibat

adanya gangguan pada mesin atau sinyal yang menjadi karakteristik kerja mesin tersebut.

#### B. Pengkondisian Sinyal

Pengkondisian sinyal adalah usaha untuk menangkap sinyal yang diinginkan untuk dianalisis. Pengkondisian sinyal dilakukan melalui beberapa peralatan, baik *hardware* maupun *software*. Peralatan tersebut antara lain :

1. Transduser

Transduser yang digunakan untuk menangkap sinyal getaran antara lain : *accelerometer*, *velocity probe*, *displacement probe*, dan *tachometer*. Transduser yang paling banyak digunakan adalah *accelerometer*, karena transduser ini mampu menangkap sinyal dinamik dengan baik, range kerjanya sangat luas, juga dapat dikonversi menjadi kecepatan dan perpindahan.

2. Filtering

Ada 2 filtering yang dapat dilakukan, yakni:

#### C. Akuisisi Sinyal

Mengubah sinyal analog ke digital.

Peralatan Tambahan:

- ◆ *Amplifier*: *Strain* atau *charge amplifier*
- ◆ Jembatan *wheatstone* untuk *strain amplifier*
- ◆ *Low noise kabel*
- ◆ *Analog Digital Converter* (ADC)
- ◆ *Software*

#### D. Analisis Hasil

1. Sinyal pada domain waktu
2. Sinyal pada domain frekuensi (FFT)
3. *High order* statistik sinyal
4. Transformasi Wavelet.

### STUDI KASUS PEMANTAUAN KONDISI MESIN MENGGUNAKAN SINYAL GETARAN

#### A. Deteksi Kerusakan Bantalan Gelinding Menggunakan Sinyal Getaran

Kerusakan bantalan dapat disebabkan oleh keretakan bantalan, keausan, pemasangan yang tidak sesuai, pelumasan yang tidak cocok, kerusakan dalam pembuatan komponen, dan diameter bola yang tidak sama. Getaran yang timbul pada bantalan ini diakibatkan oleh adanya gaya kontak pada kerusakan tersebut. Pada bantalan ideal, besarnya gaya kontak akan sama pada setiap bola. Jika pada bantalan gelinding terdapat kerusakan maka besarnya gaya kontak tidak seragam. Hal inilah yang menimbulkan getaran yang tidak beraturan. Sinyal getaran ini dapat dipantau untuk menentukan kondisi bantalan gelinding.

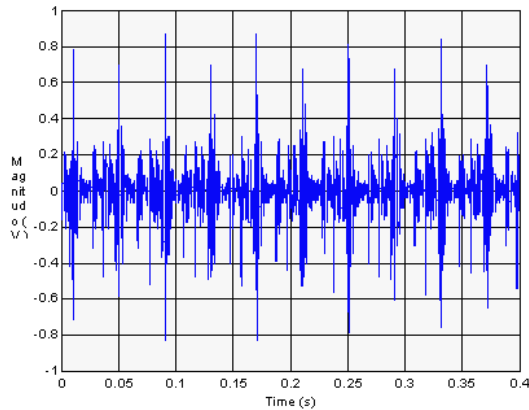
Pemantauan sinyal getaran pada bantalan gelinding dilakukan pada frekuensi komponennya yaitu:

1. *Ball Pass Frequency Inner Race* (BPFI),
2. *Ball Pass Frequency Outer Race* (BFFO),

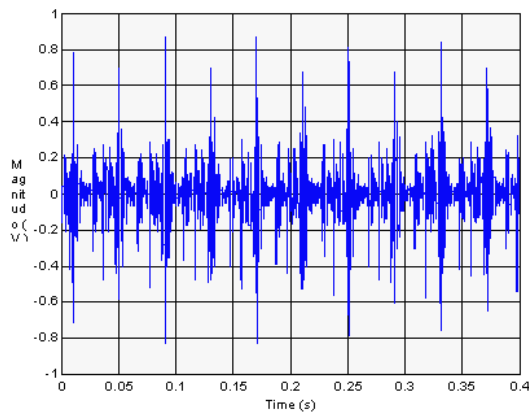
3. *Ball Spin Frequency (BSF)*,
4. *Fundamental Train Frequency (FTF)*

Jika terdapat perbesaran amplitudo pada frekuensi komponen ini atau harmoniknya maka kemungkinan terjadi kerusakan pada komponen tersebut. Dibawah ini diberikan contoh - contoh sinyal getaran bantalan gelinding.

Berikut adalah sinyal hasil pengukuran getaran:

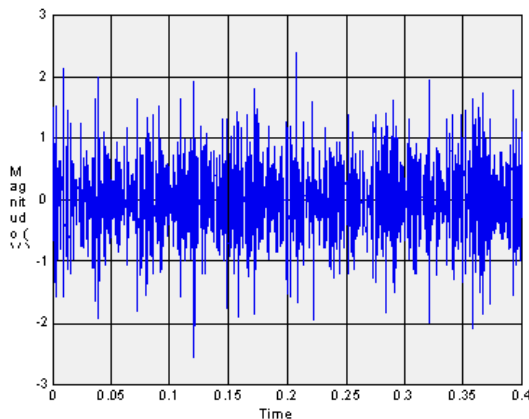


(a)

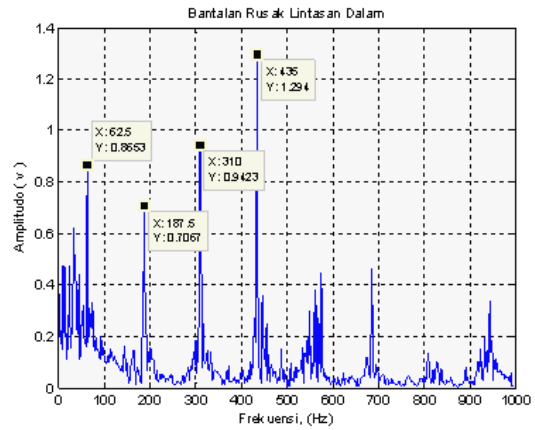


(b)

Gambar 2. Sinyal dan spektrum sinyal bantalan kondisi baik.



(a)



(b)

Gambar 3. Sinyal dan spektrum sinyal bantalan rusak lintasan dalam.

Pada Gambar 3 (b), terlihat amplitudo getaran yang tinggi pada frekuensi 435 Hz dan 187,5 Hz. Dua frekuensi ini merupakan 4 x BPFi dan 4 x BSF. Dengan adanya peningkatan amplitudo pada frekuensi harmonik ini mengindikasikan adanya kerusakan pada lintasan luar dan bola bantalan gelinding. Hal ini sesuai dengan keadaan bantalan setelah dibongkar.

### B. Identifikasi Retak pada Poros Berdasarkan Sinyal Getaran

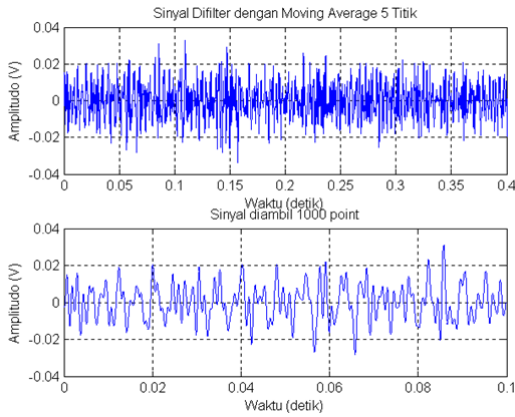
Poros dengan retak arah melintang akan memiliki respon getaran untuk berbagai mode getaran, yakni:

- longitudinal,
- torsional
- lentur vertikal
- lentur horisontal.

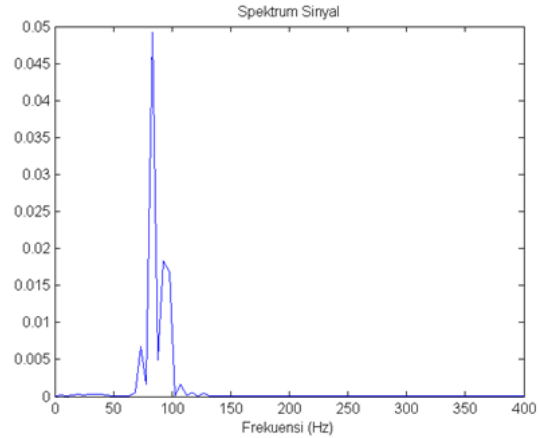
( Papadopoulos et. al., 1992).

Getaran dapat terjadi jika salah satu derajat kebebasan sistem bergerak secara harmonik. Jika tidak ada retakan maka diperlukan eksitasi untuk menghasilkan respon getaran, namun jika terdapat retakan, eksitasi pada salah satu derajat kebebasan sistem akan memberikan respon pada semua derajat kebebasan sistem (Papadopoulos, 1992).

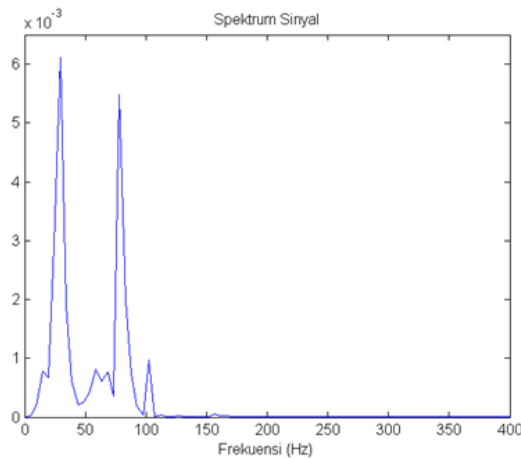
Respon getaran poros tanpa retakan dan poros dengan retakan dapat dibedakan jika dilihat pada domain frekuensi. Oleh karena itu pada gambar berikut disajikan respon getaran poros tanpa retakan dan poros dengan retakan yang diukur pada mode getaran bending.



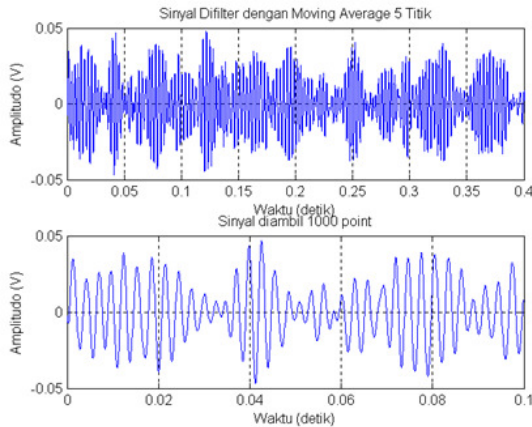
Gambar 4. Sinyal getaran poros tanpa retakan pada putaran 1414 rpm.



Gambar 7. Spektrum sinyal getaran poros dengan kedalaman retak 0,375xdiameter pada putaran 1414 rpm.



Gambar 5. Spektrum sinyal getaran poros tanpa retakan pada putaran 1414 rpm.



Gambar 6. Sinyal Getaran poros dengan kedalaman retak 0,375xdiameter pada putaran 1414 rpm.

Sinyal getaran poros tanpa retakan yang ditampilkan pada Gambar 4 adalah sinyal pada domain waktu ditampilkan 1000 titik sinyal yang sudah difilter. Berdasarkan spektrum sinyal yang ditampilkan pada gambar 5 maka dapat dilihat bahwa puncak sinyal getaran untuk poros tanpa retakan terjadi pada dua frekuensi yakni 29 Hz dan 78 Hz untuk putaran poros 1414 rpm. Frekuensi pertama merupakan frekuensi fundamental poros (orde pertama / 1x harmonik), sedangkan frekuensi yang kedua merupakan orde ke 3 (3x harmonik).

Sedangkan untuk sinyal getaran poros dengan kedalaman retak 0,375 x diameter pada domain waktu menunjukkan adanya modulasi amplitudo (Gambar 6). Modulasi amplitudo yang merupakan hasil multiplikasi sinyal pada domain waktu ini mengindikasikan adanya ketidaklinearan proses sebagai akibat adanya retak pada poros, yang pada saat poros berputar maka celah akibat retakan ini akan membuka dan menutup sehingga berpengaruh terhadap sinyal getaran yang dihasilkan. Pengamatan terhadap spektrum sinyal poros dengan kedalaman retak 0,375 x diameter (Gambar 7) menunjukkan adanya tambahan puncak sinyal disekitar frekuensi 3 x harmonik. Hal ini yang memperlihatkan adanya ketidaklinear sinyal sebagai akibat adanya retak.

**KESIMPULAN**

1. Pemantauan kondisi mesin merupakan metode perawatan prediktif yang sangat bermanfaat untuk menentukan kebutuhan perawatan sebuah mesin atau peralatan.
2. Sinyal getaran dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi adanya kerusakan pada komponen mesin yang bergerak rotasi dengan melakukan analisa spektrum sinyalnya.

**DAFTAR PUSTAKA**

Contreras L., R., Modi, C., Pennathur, A.,2002, "Integrating Simulation Modeling and

Equipment Condition Diagnostig for Predictive Maintenance”, *Proceedings of The 2002 Winter Simulation Conference*, hal. 1289 – 1296.

Susilo, DD, 2008, “Deteksi Kerusakan Bantalan Gelinding pada Pompa Sentrifugal dengan Analisis Sinyal Getaran”, *Mekanika*, Volume 7 N0. 1, hal. 43 - 54.

Kreyszig, E., 1999, *Advanced Engineering Mathematics*, John Wiley and Sons Inc. New York.

Lin J., Qu, L., 2000, “Future Extraction based on Morlet Wavelet and Its Application for Mechanical Fault Diagnosis”, *Journal of Sound and Vibration*, Vol 234 (1), pp. 135 - 148.

Rao, B.K.N., *Handbook of Condition Monitoring*, Elsevier Advanced Technology.

Smith, S., W., 1999, *Digital Signal Processing*, Calofornia Technical Publishing, San Diego.

Suhardjono, 2005, “Analisis Sinyal Getaran untuk Menentukan Jenis dan Tingkat Kerusakan Bantalan Bola”, *Jurnal Teknik Mesin, FTI, Universitas Kristen Petra*, Volume 7, April 2005.