

# Karakteristik Emisi Akustik Pada Bantalan Luncur Bola Menyelaras Sendiri Karena Perubahan Beban Radial dan Kecepatan

**Parno Raharjo**

*Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung*

*Email: parno\_raharjo@yahoo.com*

## ABSTRAK

Self aligning spherical journal bearing is a plain bearing which has spherical surface contact; it can be applied in the high power industrial machinery such as steam turbines, centrifugal compressor and large pumps. This type of bearing is simple, a high load carrying capacity and accommodate a misalignment problems. However, abnormal operating conditions in the journal bearings will degrade machine performance, decrease life time service and increase operating and maintenance cost. Moreover, it may cause accelerated deterioration and unexpected failure which are highly damaging and dangerous in both economic, engineering and safety issues. Beside vibration, acoustic emission analysis is an effective method in machinery condition monitoring especially for journal bearing condition monitoring. This paper discuss the acoustic emission responses in the journal bearings based on asperity contact between the journal and the bearing. In this study founded that the energy released or AE amplitude is influenced by sliding speed, external force, number of asperity contact and contact between the journal and bearing characteristic. When the radial load and speed are increased the amplitude of AE emission response increase as well.

**Kata Kunci :** *Self aligning spherical journal bearing, condition monitoring, asperity contact, acoustic emission.*

## 1. PENDAHULUAN

Analisis getaran adalah salah satu teknik monitoring kondisi (*condition monitoring*) mesin yang populer untuk diterapkan pada mesin putar karena memiliki keuntungan yaitu dapat dioperasikan secara jarak jauh dan langsung (Roylance, 2003). Walaupun demikian sensor getaran hanya dapat mendeteksi sinyal pada rentang frekwensi *sonic* dan tidak dapat mendeteksi sinyal pada rentang frekwensi *ultrasonic*. Emisi akustik (*acoustic emission*) terjadi pada rentang frekwensi *ultrasonic* yang frekwensinya lebih besar dari 100 kHz (Dickerhof *et al*, 2006).

Emisi akustik adalah fenomena dari pembangkitan gelombang energi elastis dalam suatu material yang menerima tegangan. Apabila material menerima tegangan yang melebihi kekuatannya akan melepaskan energi regangan yang berbentuk gelombang elastis yang mana dapat dideteksi oleh sensor emisi akustik (Choudury and Tandon, 2000).

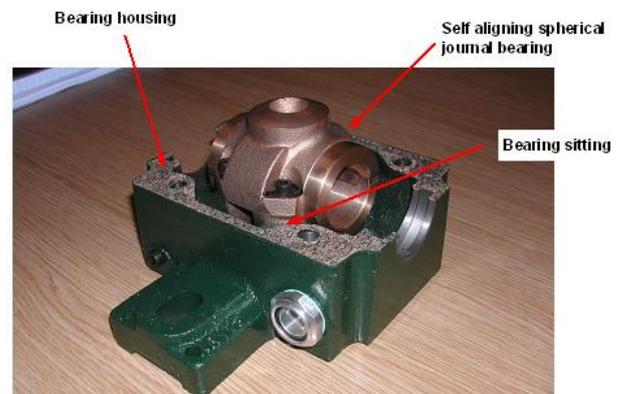
Emisi akustik telah mampu digunakan untuk mendeteksi pada bantalan yang mengalami goresan atau mengalami gesekan dan keausan (Kolubaev *et al*, 2010).

Sinyal emisi akustik dibangkitkan oleh beban mekanik dan kerusakan material termasuk akibat gesekan sebagai perubahan elastis yang terjadi pada permukaan bantalan, sehingga emisi akustik diharapkan dapat digunakan untuk mendeteksi

kerusakan bantalan pada tingkat awal atau kerusakan pada stadium dini.

Bantalan luncur bola menyelaras sendiri (*self aligning spherical journal bearing*) adalah bantalan luncur bola

yang memiliki lubang berbentuk silinder dan memiliki permukaan luar yang berbentuk bola. Bantalan ini mampu menahan beban radial yang tinggi dan dapat mengatasi masalah ketidaksatusumbuan poros. Bantalan luncur bola menyelaras sendiri, ditunjukkan seperti pada gambar berikut.



**Gambar 1, Bantalan luncur bola menyelaras sendiri**

## 2. PEMBANGKITAN ENERGI EMISI AKUSTIK

Dua buah permukaan benda pejal yang berhubungan kontak satu sama lainnya, *asperity contact* yang sesungguhnya adalah sangat terbatas. Tekanan titik titik *asperity contact* inilah yang menjadi sumber utama timbulnya energi emisi akustik ketika saling bergesekan (Bonnes and McBride, 1991).

Koefisien gesek pada bantalan luncur dipengaruhi oleh kondisi operasi. Analisa emisi akustik mengutamakan

pengukuran untuk mendeteksi kerusakan bantalan luncur yang merupakan hubungan timbal balik antara gesekan, sinyal dan energi yang dibangkitkan ketika terjadi kontak satu dengan yang lain. Kontak tersebut menimbulkan peningkatan amplitude sinyal pada rentang frekwensi sekitar 100kHz. Kerusakan dapat dikenali secara mandiri tanpa dipengaruhi oleh bentuk kontak, kecepatan luncur, temperatur pelumas dan bantalan (Dickerhof *et al*, 2006).

Antara emisi akustik dan kehilangan energi terdapat hubungan yang saling mempengaruhi, peningkatan sinyal emisi akustik terjadi karena peningkatan *asperity contact* akan meningkat pula gesekan dan kehilangan energi (Ali *et al*, 2008).

Berdasarkan *asperity contact*, beban radial dan kecepatan, energy yang dilepas pada bantalan luncur dinyatakan dalam persamaan berikut (Raharjo, 2013).

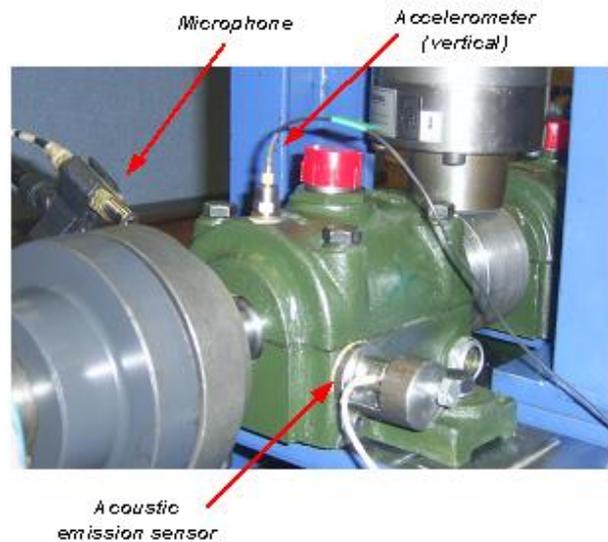
$$\dot{E}_e = 0.07 \cdot A \cdot n_a \cdot V \cdot W \cdot \left[ \frac{W}{E' \cdot L \cdot R'} \right]^{\frac{1}{2}} \left[ \frac{2}{3} + \ln \left( \frac{4 \cdot R_1 \cdot R_2}{b^2} \right) \right]$$

Yang mana  $\dot{E}_e$  adalah energi elastis yang terlepas (Watt),  $A$  adalah luas *asperity contact* ( $m^2$ ),  $n_a$  jumlah *asperity* (peaks/ $m^2$ ),  $V$  adalah kecepatan geser ( $m/s$ ),  $W$  beban radial (N),  $E'$  adalah modulus elastisitas ekuivalen dua bahan ( $N/m^2$ ),  $L$  adalah setengah panjang bantalan (m),  $R'$  adalah jari-jari ekuivalen silinder (m),  $R_1$  adalah jari-jari poros (m),  $R_2$  adalah jari jari lubang bantalan (m) dan  $b$  adalah setengah lebar kontak anatara dua silinder (m).

### 3. FASILITAS DAN PENGUJIAN

Pengujian dilakukan untuk mengetahui pengaruh beban radial dan kecepatan putar terhadap karakteristik emisias akustik pada bantalan luncur bola menyelarasi sendiri. Pengujian dilakukan alat uji yang digerakkan oleh motor listrik 9 kWatt (12.5 HP), 3 fasa, 4 pole dengan putaran 1450 rpm yang dilengkapi dengan generator DC untuk memberikan beban puntir. Pengaturan beban puntir dan putaran melalui sebuah *microcontroller*. Pemberian beban radial dilakukan dengan sistem

hidrolik yang dilengkapi dengan *load cell* untuk mengukur beban radial. Untuk mengukur respon emisi akustik digunakan *acoustic emission sensor*. Pemasangan *acoustic emission sensor* dan pemasangan sensor getaran dan akustik ditunjukkan seperti pada gambar.



Gambar 2, Pemasangan Accelerometer, Microphone dan Acoustic Emission Sensor

Sistem data akuisisi emisi akustik yang digunakan untuk mengambil, merekam dan memproses data yaitu Sistem data akuisisi PAC PCI-2 yang memiliki 2 saluran, 32-bit *PCI-Card*, rentang frekwensi 1kHz-3Mhz dengan *sample rate* 100ks/c-40MS/s (PAC, 2009)

Dalam pemrosesan datanya didukung oleh perangkat lunak AEwin™ dan dapat ditransfer ke MATLAB untuk analisa sinyal lebih lanjut.

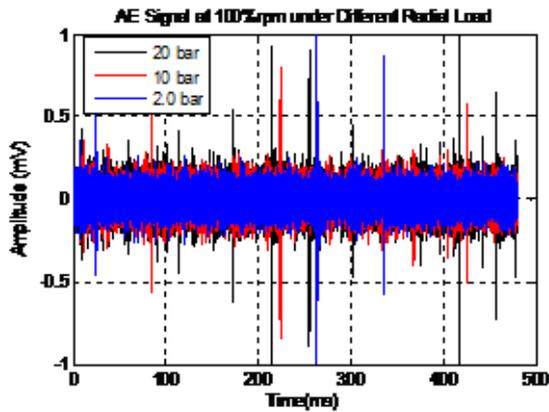
Emisi akustik sensor yang digunakan yaitu PAC WD FQ 35 dengan rentang frekwensi 100kHz-1MHz. Sensor ini berfungsi mengubah energi mekanik yang berbentuk gelombang elastic ke dalam sinyal listrik. Sinyal keluaran dari sensor emisi akustik sensor (*AE sensor*) menggunakan *pre-amplified* 40 dB.

Percobaan ini menggunakan bantalan luncur bola menyelarasi sendiri tipe SA35M dengan diameter 35 mm dan panjang 76 mm (Arvis, 2008).

Percobaan dilakukan dengan variasi beban 2.0 bar, 10 bar and 20 bar serta variasi kecepatan 25%, 50%, 75% dan 100% (1450 rpm). Pelumas yang digunakan yaitu pelumas yang memiliki standard ISO VG 46. Analisa yang digunakan yaitu analisa *time domain*, *frequency domain*, *RMS* dan *mean value analysis*.

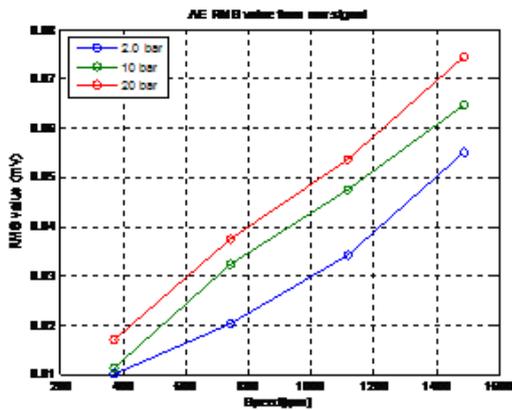
### 4. HASIL PERCOBAAN DAN DISKUSI

Hasil percobaan emisi akustik pada bantalan luncur bola menyelarasi sendiri yang dioperasikan pada empat variasi kecepatan 25%, 50%, 75% and 100% yang masing masing kecepatan diberikan beban 2.0 bar, 10.0 bar dan 20.0 bar, serta dengan menggunakan spesifikasi viskositas pelumas ISO VG 46 ditunjukkan seperti pada gambar berikut.



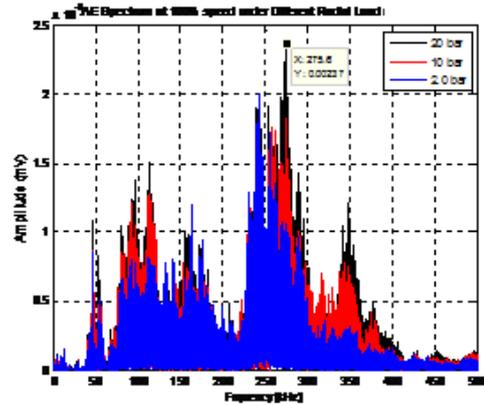
Gambar 3, Sinyal emisi akustik bantalan pada kecepatan putar 100% dengan 3 macam beban radial

Pada sinyal emisi akustik pada bantalan luncur bola menyelaras sendiri menunjukkan bahwa terdapat perbedaan amplitudo yang jelas terhadap variasi radial beban radial dan variasi kecepatan. Untuk mengetahui perbedaan amplitudo yang terjadi dengan perbedaan kecepatan dan beban radial dapat dilihat pada analisa *RMS value* pada gambar berikut.



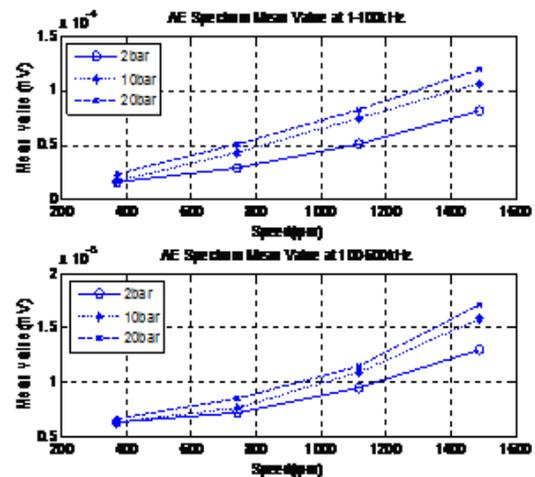
Gambar 4, *RMS value* sinyal emisi akustik pada bantalan luncur menyelaras sendiri dengan perbedaan beban radial dan perbedaan kecepatan

Gambar 4 yang merupakan *RMS value* sinyal emisi akustik pada bantalan luncur menyelaras sendiri dengan perbedaan beban radial dan perbedaan kecepatan menunjukkan bahwa untuk ke tiga macam beban radial ketika kecepatan meningkat amplitudo emisi akustiknya juga meningkat. Perbedaan amplitudo karena perbedaan beban radial juga cukup jelas dan konsisten.



Gambar 5, Spektrum emisi akustik pada bantalan luncur menyelaras sendiri dengan perbedaan beban radial dan perbedaan kecepatan

Gambar 5 adalah perbandingan spectrum emisi akustik pada bantalan luncur bola menyelaras sendiri dengan tiga macam beban radial. Gambar tersebut menunjukkan amplitudo puncak dipengaruhi oleh beban radial. Makin tinggi beban radialnya amplitudo puncaknya juga semakin tinggi. Selain dari pada itu amplitudo tertinggi terletak pada frekwensi tinggi yaitu antara 250Hz-300Hz. Sebagai tambahan informasi bahwa dengan meningkatnya beban radial terjadi penggeseran frekwensi amplitudo puncak. Ketika beban radial meningkat frekwensi amplitudo puncak juga mengarah ke frekuensi yang lebih tinggi. Untuk mengetahui perbedaan pengaruh perubahan kecepatan dan radial load terhadap mean value dari spectrum emisi akustik pada frekwensi <100kHz dan frekwensi >100kHz dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 6, *Mean value* spektrum emisi akustik pada bantalan luncur menyelaras sendiri dengan perbedaan beban radial dan perbedaan kecepatan

*Mean value* spektrum emisi akustik pada bantalan luncur menyelaras sendiri dengan perbedaan beban radial dan perbedaan kecepatan, pada rentang frekwensi <100kHz dan frekwensi >100kHz menunjukkan bahwa ketika kecepatan meningkat *spectrum mean value* juga

meningkat. Begitu juga ketika beban radial dinaikkan amplitude *spectrum mean value*nya juga meningkat. Perbedaan *spectrum mean value* karena perubahan beban radial cukup jelas.

### 5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis perbandingan sinyal emisi akustik, RMS value, spectrum emisi akustik dan *spectrum mean value* dapat disimpulkan bahwa terdapat korelasi yang positif antara kecepatan dan beban radial terdapat amplitude RMS value dan *Spectrum mean value* dari emisi akustik. Amplitudo tertinggi terletak pada frekwensi antara 250Hz-300Hz. Selain dari pada itu beban radial juga mempengaruhi frekwensi amplitude tertinggi dari spectrum emisi akustik yang terjadi.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Roylance, B, (2003), *Machine failure and its avoidance-what is tribology's contribution to effective maintenance of critical machinery?*, Proc. IMechE, Volume 217, Part J, Engineering Tribology, J05302.
2. Dickerhof, M, Albers A, Burger, W and Sovino R, (2006), *Monitoring Lubrication Regimes in Sliding Bearings – Using Acoustic Emission Analysis*, Practicing Oil Analysis, May, Noria Publication.
3. Choudhury, A and Tandon N, (2000), *Application of acoustic technique for detection of defect in rolling element bearing*, Tribology International 33, pp.39-45.
4. Kolubaev, E, Kolubaev A and Sizova O, (2010), *Analysis of Acoustic Emission during Sliding Friction of Manganese Steel*, Technical Physics Letters, No. 8, pp. 762-765, Pleiades Publishing Ltd. ISSN 1063-7850.
5. Bonnes, R and McBride S, (1991), *Adhesive and abrasive wear studies using acoustic emission techniques*, Abrasive wear, Volume 149, Issues 1-2, pp. 41-53.
6. Ali M and Mba D, (2008), *Observation of Acoustic Emission in A Hydrodynamic Bearing*, The 2nd International Conference on Technical Inspection and NDT (TINDT 2008), October, Teheran, Iran, 2008
7. Raharjo, P, (2013), *An Investigation of Surface Vibration, Airborne Sound and Acoustic Emission Characteristic of a Journal Bearing for Early Fault Detection*, Thesis, University of Huddersfield, UK
8. Physical Acoustic Corporation, (2009), *Differential Acoustic Emission*, Matras Group, 195 Clarksville Road, Princeton Jct, NJ 08550, USA.
9. Arvis, (2009), *Arvis Bearing Catalogue*, Criptic Arvis Ltd, Croft Grange Works, 16 Bridge Park Road, Thurmaston, LE4 8BL, Leicester, UK.