

KARAKTERISTIK EMISI AKUSTIK PADA BANTALAN LUNCUR BOLA MENYELARAS SENDIRI KARENA KONTAMINAN AIR

Parno Raharjo

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung
Email: parno_raharjo@yahoo.com

Abstrak

Bantalan luncur bola menyelaras sendiri adalah bantalan luncur yang memiliki permukaan kontak berbentuk bola. Jenis bantalan luncur ini mampu menahan beban yang tinggi dan dapat mengakomodasi masalah ketidaksebarisan poros. Walaupun demikian jika dioperasikan dalam keadaan tidak normal bantalan ini akan mengalami penurunan kemampuan, umur dan peningkatan operasi dan biaya pemeliharaan. Selain dari pada itu kerusakan yang tiba-tiba akan menimbulkan resiko tinggi dalam bidang ekonomi, teknik dan keselamatan kerja. Disamping inspeksi dan analisa getaran, emisi akustik juga merupakan teknik yang efektif digunakan untuk monitoring kondisi mesin khususnya untuk monitoring kondisi bantalan luncur. Tulisan ini membahas tentang karakteristik emisi akustik pada bantalan luncur yang pelumasnya terdapat kontaminan air. Dalam studi ini didapat bahwa ketika kontaminan air dalam pelumas meningkat amplitudo emisi akustik juga meningkat. Peningkatan amplitudo emisi akustik menunjukkan peningkatan energi emisi akustik yang dilepaskan. Selain dari pada itu amplitudo tertinggi terletak pada frekuensi yang tinggi yaitu pada 35.2kHz. Kajian lebih jauh dengan berbagai parameter kerusakan diperlukan agar didapat karakteristik yang valid dan reliabel.

Kata kunci : “Bantalan luncur bola menyelaras sendiri”, “monitoring kondisi”, “emisi akustik”, “kontaminan”

1. Pendahuluan

Bantalan luncur (*journal bearing*) adalah jenis bantalan selain bantalan gelinding (*rolling bearing*), digunakan secara luas pada poros mesin putar. Bantalan ini terdiri dari bushing atau peluncur yang didukung oleh rumah bantalan. Poros atau journal berputar pada lubang bushing. (Harnoy, 2003)

Bantalan luncur bola menyelaras sendiri (*self aligning spherical journal bearing*) adalah salah satu jenis bantalan luncur. Bantalan luncur ini memiliki permukaan luar yang berbentuk bola dan lubangnya berbentuk silinder. Bantalan ini dapat mengatasi masalah *misalignment* atau ketidak satu sumbu poros. Bantalan luncur bola menyelaras sendiri konstruksinya ditunjukkan seperti pada gambar berikut.



Gambar 1. Bantalan luncur bola menyelaras sendiri

Bantalan berfungsi sebagai pendukung suatu mesin atau peralatan melalui poros. Komponen ini sederhana, harganya relatif murah, tetapi jika terjadi gangguan atau kerusakan fatal akan mengakibatkan kerugian yang amat besar baik dilihat dari sisi teknik, ekonomi dan keselamatan kerja.

Oleh karena itu diperlukan penerapan inspeksi dan monitoring yang konsisten.

Teknik monitoring seperti teknik vibrasi, noise dan emisi akustik dapat digunakan untuk inspeksi bantalan atau mesin rotari.

Inspeksi dan analisis getaran adalah sebuah teknik monitoring kondisi mesin yang sudah handal untuk diterapkan pada mesin putar (Roylance, 2003). Walaupun demikian inspeksi getaran hanya dapat mendeteksi sinyal pada frekuensi *sonic* (1-100 kHz) dan tidak dapat mendeteksi sinyal frekuensi *ultrasonic* yaitu frekuensinya lebih besar dari 100 kHz (Dickerhof *et al*, 2006).

Emisi akustik (*emission acoustics*) adalah fenomena 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 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).

Pengujian karakteristik emisi akustik pada bantalan luncur mapan sendiri karena perubahan beban dan kecepatan dihasilkan bahwa ketika beban radial dan kecepatan ditingkatkan amplitudo emisi akustiknya juga meningkat. Selain dari pada itu amplitude tinggi terjadi pada frekuensi antara 250kHz-300 kHz (Raharjo, 2014)

Bantalan luncur dengan bertambahnya umur, operasi yang tidak baik serta pembebanan yang berlebihan akan mengalami degradasi kemampuan. Salah satu penyebab kerusakan awal pada bantalan luncur disebabkan adanya kontaminan. Kontaminan dapat berasal dari dalam dan luar. Kontaminan dapat berbentuk cair dan gas. Kontaminan cair dapat berupa air. Dengan adanya kontaminan cair

kemampuan pelumasan berkurang, meningkatnya energi karena gesekan, sehingga akan menurunkan kemampuan kinerja bantalan. Menurunnya kemampuan kinerja bearing karena kontaminan air yang mengakibatkan meningkatnya energi gesekan dapat dideteksi dengan menggunakan pengukuran emisi akustik. Emisi akustik terjadi karenan beban mekanik dan adanya kerusakan material pada bantalan luncur termasuk akibat gesekan yang merupakan perubahan elastis yang terjadi pada permukaan bantalan . Emisi akustik dapat digunakan untuk mendeteksi kerusakan bantalan pada stadium dini, sehingga kerusakan yang lanjut dapat dicegah serta kerusakan yang lebih parah dapat diatasi.

Informasi mengenai karakteristik emisi akustik pada bantalan luncur masih sedikit sehingga diperlukan kajian lebih lanjut.

2. Energi Emisi Akustik Bantalan Luncur

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).

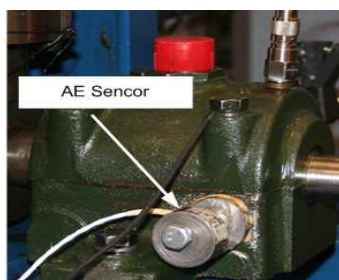
Koefisien gesek pada bantalan luncur dipengaruhi oleh kondisi operasi. Analisa emisi akustik mengutamakan pengukuran untuk mendeteksi kerusakan bantalan luncur yang merupakan hubungan timbal balik antara gesekan, sinyal dan energi yang dibangkitkan ketika terjadi kontak satu dengan yang lain. Kontak tersebut menimbulkan peningkatan amplitude sinyal pada rentang frekuensi 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).

Energi emisi akustik (Watt) dipengaruhi oleh luas *asperity contact* (m^2), jumlah *asperity* (peaks/ m^2), kecepatan geser (m/s), beban radial (N), modulus elastisitas ekuivalen dua bahan (N/m^2), panjang bantalan (m), jari-jari ekuivalen silinder (m), jari-jari poros (m), jari-jari lubang bantalan (m) dan *b* adalah setengah lebar kontak antara dua silinder (m) (Raharjo, 2013).

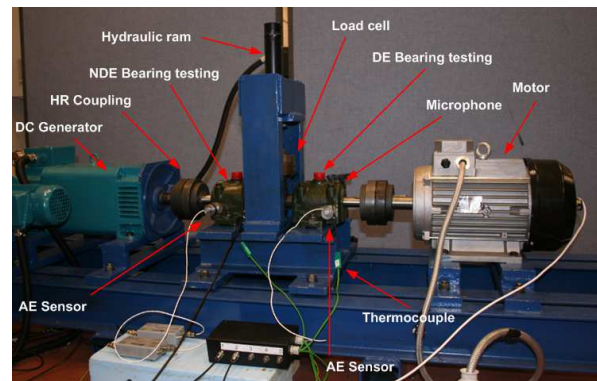
3. Fasilitas Dan Pengujian

Pengujian pengaruh konsentrasi kontaminan air dalam pelumas terhadap karakteristik emisi akustik pada bantalan luncur bola menyelaras sendiri dilakukan pada alat uji emisi akustik bantalan luncur. 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 diatur melalui sebuah *microcontroller*. Pengaturan beban radial dilakukan dengan sistem hidrolik yang dilengkapi dengan *load cell*. Pengukuran emisi akustik digunakan *acoustic emission sensor*. Pemasangan *acoustic emission sensor* ditunjukkan seperti pada gambar.



Gambar 2. Pemasangan Acoustic Emission Sensor

Test rig pengujian emisi akustik secara lengkap ditunjukkan seperti pada gambar berikut.



Gambar 3. Tes rig uji emisi akustik bantalan luncur

Sistem data akuisisi emisi akustik yang digunakan untuk mengambil, merekam dan memproses data yaitu PAC PCI-2 yang memiliki 2 saluran, 32-bit PCI-Card, rentang frekuensi 1kHz-3Mhz dengan *sample rate* 100kS/c-40MS/s (PAC, 2009). Pemrosesan data didukung oleh perangkat lunak AEwin™ dan dapat ditransfer ke MATLAB untuk melakukan analisa sinyal lebih lanjut.

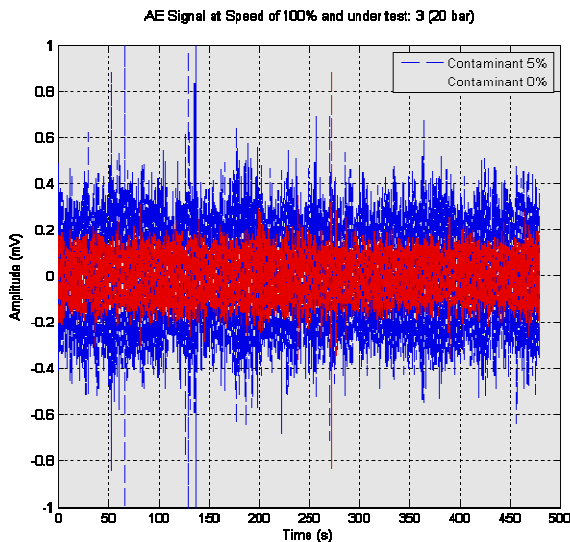
Emisi akustik sensor yang digunakan yaitu PAC WD FQ 35 dengan rentang frekuensi 100kHz-1MHz.. Sinyal keluaran dari sensor emisi akustik sensor (*AE sensor*) menggunakan *pre-amplified* 40 dB.

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

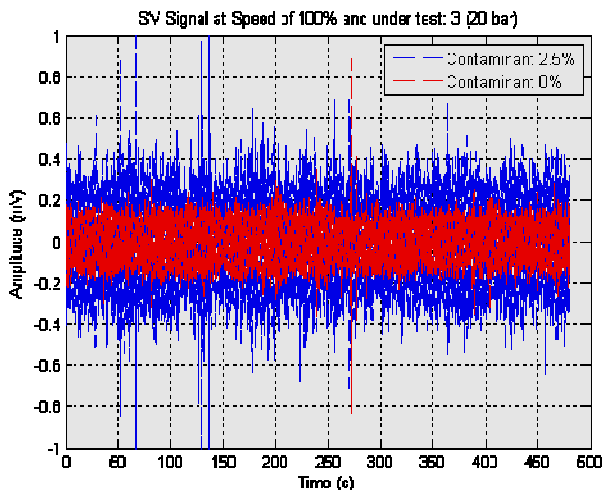
Percobaan dilakukan dengan beban tetap 20 bar, kecepatan 100% (1450 rpm) dengan variasi kontaminan 0%, 1.25% dan 2.5%. Pelumas yang digunakan yaitu pelumas ISO VG 46 yang memiliki viskositas kinematik 46 mm^2/s pada 40°C. Analisa yang digunakan yaitu analisa *time domain*, *frequency domain*, dan *mean value analysis*.

4. Hasil Percobaan Dan Diskusi

Hasil percobaan emisi akustik pada bantalan luncur bola menyelaras sendiri yang dioperasikan pada 1450 rpm, dengan tekanan tetap 20.0 bar, pelumas ISO VG 46 dengan variasi kontaminan 0%, 1.25% dan 2.5%, ditunjukkan seperti pada gambar berikut.

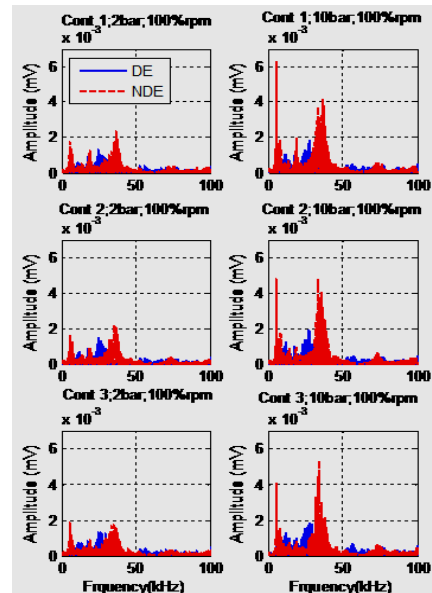


Gambar 4. Sinyal emisi akustik bantalan pada kecepatan putar 100%, beban 20 bar, kontaminan 0% dan 5%



Gambar 5. Sinyal emisi akustik bantalan pada kecepatan putar 100%, beban 20 bar, kontaminan 0% dan 2.5%

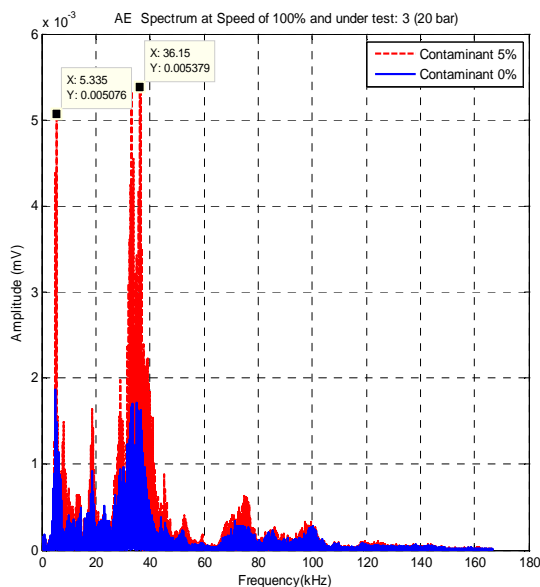
Gambar sinyal emisi akustik di atas menunjukkan terdapat perbedaan amplitudo yang jelas antara sinyal emisi akustik pada bantalan luncur dengan pelumas yang takterkontaminasi air 0% (*cont1*) dengan pelumas yang terkontaminasi air 1.25% (*cont2*) dan 2.5% (*cont3*). Pada sinyal emisi akustik tidak dapat diketahui karakteristik frekuensinya. Karakteristik frekuensi dapat dianalisa dari spektrum emisi akustik. Spektrum emisi akustik yang terjadi pada bantalan luncur dengan beban 20 bar, kecepatan putar 100% (1450 rpm) dengan pelumas tanpa kontaminan air dan terkontaminasi air 1.25% dan 2.5%, ditunjukkan seperti pada gambar berikut.



Gambar 6. Spektrum emisi akustik pada kecepatan 100%, beban 2 dan 10 bar dengan kontaminan air 0% (*cont1*), 1.25% (*cont2*) dan 2.5% (*cont3*)

Spektrum pada gambar di atas menunjukkan bahwa konsentrasi kontaminan air dalam pelumas mempengaruhi amplitudo *peak* emisi akustik. Semakin tinggi konsentrasi kontaminan air dalam pelumas semakin tinggi pula amplitudo *peak* emisi akustik

yang terjadi. Amplitudo tertinggi terjadi frekuensi tinggi yaitu sekitar 36 kHz.. Spektrum emisi akustik pada bantalan luncur dengan beban 20 bar, kecepatan 1450 rpm menggunakan pelumas dengan tanpa kontaminan dan dengan kontaminan 5%, ditunjukkan seperti pada gambar berikut.

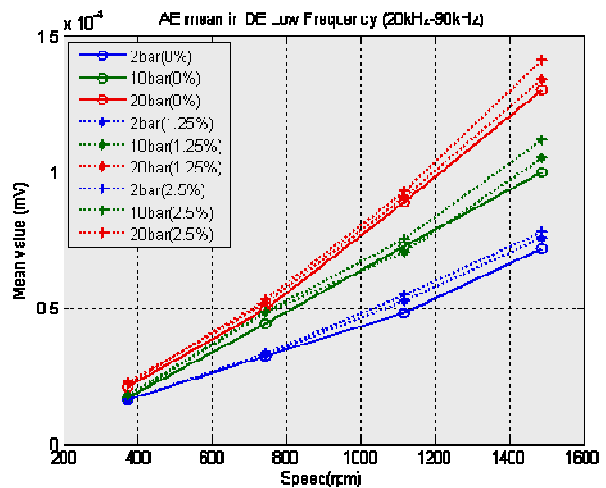


Gambar 7. Spektrum emisi akustik pada kecepatan 100%, beban 20 bar dengan kontaminan air 0%, dan 5%

Gambar spektrum emisi akustik menunjukkan bahwa amplitudo tinggi terjadi pada dua macam frekuensi yaitu pada frekuensi 5.35 kHz dan pada frekuensi 36.15 kHz, amplitudo tertinggi terletak pada frekuensi 36.15 kHz.

Dari gambar sinyal dan spektrum menunjukkan bahwa jika kontaminan meningkat maka amplitudo emisi akustik juga meningkat.

Pengaruh variasi beban, kecepatan dan kontaminan air pada pelumas terhadap harga mean emisi akustik frekuensi 20kHz-90kHz pada bantalan DE ditunjukkan seperti pada gambar 8.



Gambar 8. Mean value sinyal emisi akustik dengan variasi beban radial dan perbedaan kontaminan pada DE frekuensi 20-90kHz

Gambar 8, menunjukkan bahwa amplitudo *mean* emisi akustik dipengaruhi oleh kecepatan, beban dan konsentrasi kontaminan air pada pelumas. Ketika kecepatan meningkat amplitudo mean emisi akustik juga meningkat. Begitu juga ketika kontaminan air pada pelumas maka amplitudo emisi akustiknya juga meningkat. Hal ini terjadi disebabkan karena dengan bertambahnya kontaminan air pada pelumas, viskositas menurun, *asperity contact area* meningkat dan energi yang ditimbulkan meningkat. Pelepasan energi dilakukan secara cepat sehingga amplitude tertinggi terletak pada frekuensi tinggi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis perbandingan sinyal emisi akustik, spektrum emisi akustik dan *spectrum mean value* dapat disimpulkan sementara bahwa terdapat korelasi yang positif antara kecepatan, beban radial dan konsentrasi kontaminan cair pada pelumas terhadap *amplitude peak value* dan *Spectrum mean value* dari emisi akustik yang terjadi.

Amplitudo tertinggi terletak pada frekuensi antara 36.2 kHz. Karakteristik emisi akustik pada bantalan luncur khususnya bantalan luncur menyelaraskan sendiri masih diperlukan lebih jauh dengan berbagai parameter gangguan atau kerusakan agar didapat karakteristik yang valid dan reliabel sehingga dapat digunakan untuk monitoring kondisi mesin secara handal.

5. Daftar Pustaka

- Harnoy, A, (2003), *Bearing Design In Machinery*, Engineering Tribology and Lubrication, Mariel Dekker Inc, New York.
- 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.
- Dickerhof, M, Albers A, Burger, W and Sovino R, (2006), *Monitoring Lubrication Regimes in Sliding Bearings – Using Acoustic Emission Analysis*, Practising Oil Analysis, May, Noria Publication.
- Choudhury, A and Tandon N, (2000), *Application of acoustic technique for detection of defect in rolling element bearing*, Tribology International 33, pp.39-45.
- 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.
- Raharjo, P, (2014), *Karakteristik Emisi Akustik Pada Bantalan Luncur Menyelaraskan Sendiri Karena Perubahan Beban Radial dan Kecepatan*, 5th Industrial Research Workshop and National Seminar, Politeknik Negeri Bandung.
- Bonnes, R and McBride S, (1991), *Adhesive and abrasive abrasive wear studies using acoustic emission techniques*, Abrasive wear, Volume 149, Issues 1-2, pp. 41-53.
- 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
- Raharjo, P, (2013), *An Investigation of Surface Vibration, Airborne Sound and Acoustic Emission Characteristic of a Journal Bearing for Early Fault Detection*, Ph.D Thesis, University of Huddersfield, UK
- Physical Acoustic Corporation, (2009), *Differential Acoustic Emission*, Matras Group, 195 Clarksville Road, Princeton Jct, NJ 08550, USA.
- Arvis, (2009), *Arvis Bearing Catalogue*, Criptic Arvis Ltd, Croft Grange Works, 16 Bridge Park Road, Thurmaston, LE4 8BL, Leicester, UK.