

Analisis Penurunan Efisiensi Motor Listrik Akibat Cacat Pada Bantalan

A. Widodo^{1,a*}, N. Sinaga^{2,b} dan M. Muchlis^{3,c}

^{1,2,3}Jurusian Teknik Mesin, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Soedarto, SH., Tembalang, Semarang 50275 Indonesia

awid@undip.ac.id, nazarsinaga@undip.ac.id, muh.muchlis13@gmail.com

Abstrak

Motor listrik merupakan komponen vital di industri yang berfungsi sebagai penggerak untuk bermacam-macam mesin rotasi misalnya pompa, kompresor, *blower* dan *fan*. Luasnya penggunaan motor listrik di berbagai industri disebabkan kemampuan motor listrik yang sangat handal dalam menyediakan daya putar dengan berbagai pilihan daya disertai dengan efisiensi yang cukup bagus. Dalam pemakaiannya, motor listrik sering pula mengalami kegagalan baik yang disebabkan oleh faktor elektrik maupun mekanik. Menurut survei yang pernah dilakukan oleh *International Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) pada 1141 buah motor, sebesar 44% kerusakan yang motor listrik disebabkan oleh faktor kerusakan bantalan (*bearing*). Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh kerusakan bantalan terhadap penurunan efisiensi motor listrik. Ekperimen dilakukan dengan menguji motor listrik dalam kondisi bantalan normal, bantalan yang mengalami *thermal aging* dan bantalan dengan cacat pada cincin luar. Daya input ditentukan dengan parameter arus, voltase dan faktor daya yang diukur dengan power meter pada masing-masing fasa. Daya output ditentukan dengan prinsip dinamometer yang mengukur besar torsi penggeraman. Parameter lain yang diukur adalah putaran motor serta parameter percepatan getaran sebagai indikator dari adanya cacat pada bantalan. Hasil penelitian ini menyatakan bahwa perjadi penurunan efisiensi motor listrik sebesar 1-2% dengan variasi beban yang dilakukan pada saat pengujian. Hubungan fitur getaran terhadap kondisi bantalan dan efisiensi motor listrik juga disajikan pada hasil dari penelitian ini.

Kata kunci : Motor listrik, Bantalan, Efisiensi, Getaran

Pendahuluan

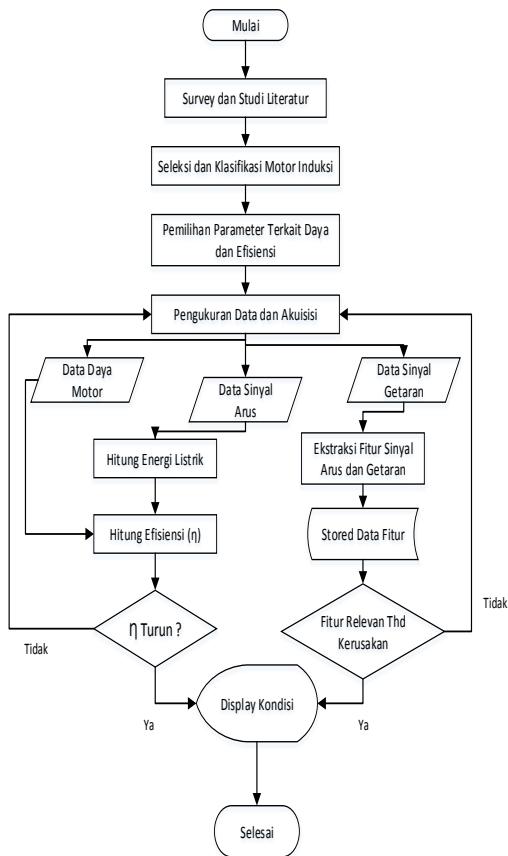
Motor listrik merupakan perangkat mesin listrik yang menggunakan prinsip elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik tersebut dimanfaatkan sebagai tenaga penggerak pada berbagai mesin, misalnya, untuk menggerakkan roda *impeller* pada pompa, kompressor, *fan*, dan *blower*, generator atau bahkan sebagai penggerak pada alat angkat dan angkut. Penggunaan motor listrik di industri memegang peran yang sangat penting sehingga sering kali peralatan ini disebut

sebagai *prime mover* nya industri yang diperkirakan menghabiskan sekitar 70% beban listrik total di industri [1].

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian adalah mengetahui penurunan daya dan efisiensi motor induksi terhadap cacat pada bantalan pada saat berputar pada kecepatan yang ditentukan, menentukan kurva performa efisiensi, daya, torsi, terhadap kecepatan putar. Selain itu, penelitian ini juga menampilkan diagnosis kerusakan motor induksi berdasarkan karakteristik sinyal getaran dan penurunan efisiensi seperti yang telah dilaporkan pada Ref. [2-4].

Metodologi Penelitian

Diagram alir penelitian disajikan pada Gambar 1 yang merangkum keseluruhan proses penelitian yang dilakukan meliputi kegiatan pengujian, data akuisisi dan analisis hasil.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Alat dan Bahan Pengujian

Pengujian dilakukan terhadap motor listrik 3 fasa, 3 poles, 200 V daya 7,5 HP dengan memvariasikan kondisi bantalan yang dipakai. Bantalan tersebut adalah SKF tipe 6308 masing-masing dengan kondisi normal, normal dengan penuaan (*aging*) dan cacat lingkaran luar. Beban motor listrik berupa *dynamometer* dengan variasi beban yang diperoleh dari mekanisme pengereman.

Proses penuaan bantalan dilakukan dengan tujuan mempercepat terjadinya

kerusakan pada kondisi operasi normal, menurut standard IEEE dilakukan dengan cara sebagai berikut (Gambar 2):

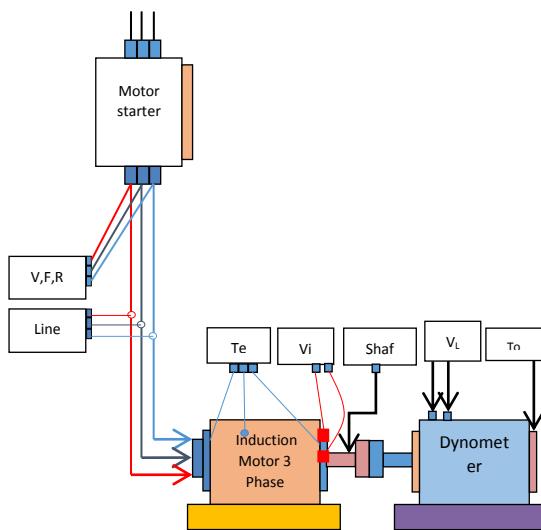
- Memasukkan *bearing* ke dalam oven dengan suhu 140° di selama 72 jam.
- Bantalan dikeluarkan dari oven lalu disiram dengan air dingin dan didiamkan pada udara terbuka selama 15 menit.
- Setelah itu bantalan dimasukkan kembali ke dalam oven selama 72 jam.
- Setelah itu bantalan dikeluarkan dan didiamkan dalam suhu ruangan selama 18 jam sebelum akhirnya siap untuk dipakai pada pengujian motor induksi.



Gambar 2. Proses penuaan (*aging*) pada bantalan

Pengujian dilakukan pada motor listrik dengan putaran tetap 2000 RPM. Data akuisisi dilakukan pada parameter getaran dan arus pada tiap-tiap fasa. Sensor akselerometer ditempatkan pada rumah bantalan sisi *drive-end* dengan arah vertikal, horizontal dan aksial. Perangkat data akuisisi getaran adalah SpectraPad 8 saluran input dari berbagai jenis sensor. Pada saat pengujian voltase, arus, faktor daya dan daya secara terus menerus dipantau dan dicatat sebagai bahan analisis penelitian. Proses pengujian dan data akuisisi disajikan pada Gambar 3.

Penentuan frekuensi kerusakan bantalan yang untuk analisis getaran dilakukan dengan perhitungan sesuai dengan rumus di bawah ini [5]:



Gambar 3. Set up pengujian motor induksi

$$BPFO = \frac{N}{2} fr \left(1 - \frac{d}{D \cdot \cos \alpha}\right) \quad (1)$$

$$BPFI = \frac{N}{2} fr \left(1 + \frac{d}{D \cdot \cos \alpha}\right) \quad (2)$$

$$BSF = \frac{D}{2d} fr \left(1 - \frac{d^2 \cos^2 \theta}{D^2}\right) \quad (3)$$

$$FTF = \frac{1}{2} fr \left(1 + \frac{d}{D \cdot \cos \alpha}\right) \quad (4)$$

dimana:

N = Jumlah bola pada *bearing*

fr = Kecepatan putar shaft motor dalam Hz
 d = Diameter bola *bearing*

D = Diameter luar dari *bearing*

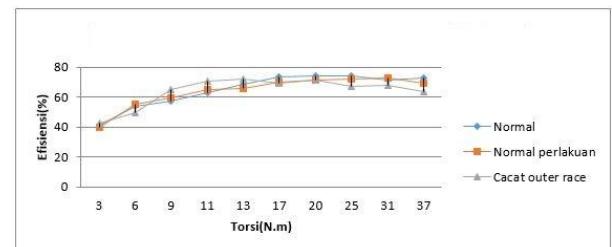
α = Sudut kontak bola yang besarnya 0°

Bantalan SKF tipe 6308 memiliki parameter dimensi sebagai berikut: $N = 8$, $d = 23\text{mm}$, $D = 90\text{mm}$, $\cos \alpha = 1$ yang didapatkan dari spesifikasi *bearing*.

Hasil Penelitian

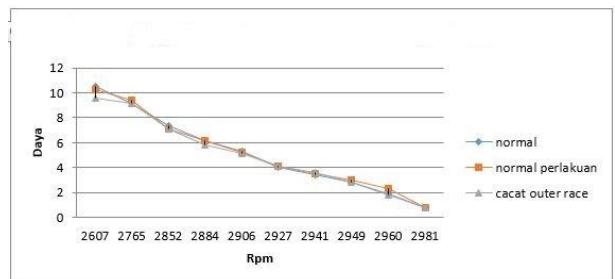
Perbandingan efisiensi ketiga bantalan dapat dilihat pada Gambar 4, dari hasil pengujian didapatkan nilai efisiensi tertinggi terjadi pada bantalan normal dengan nilai sekitar 74% dan nilai terendah

pada bantalan dengan cacat pada lingkaran luar.



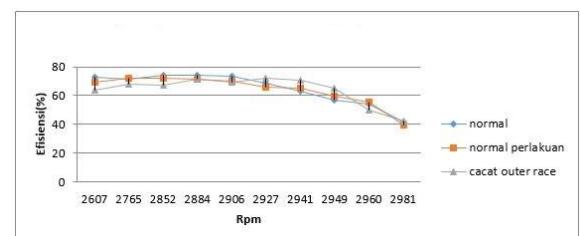
Gambar 4. Perbandingan nilai efisiensi ketiga bantalan

Selain perbandingan efisiensi pengujian ini juga akan menampilkan perbandingan daya vs rpm seperti terlihat pada Gambar 5.



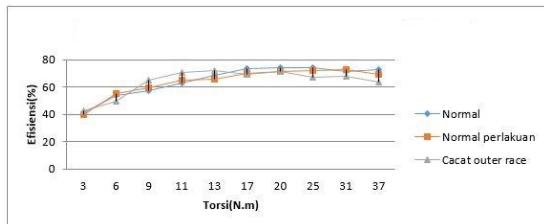
Gambar 5. Grafik perbandingan daya terhadap Rpm dari ketiga bantalan

Perbandingan efisiensi terhadap Rpm ditunjukkan pada Gambar 6. Pada grafik ini menunjukkan bahwa semakin tinggi Rpm pada motor maka efisiensinya terlihat menurun, hal ini disebabkan oleh daya penggeraman yang terjadi pada *dynometer* yang menyebabkan kurang efektifnya kerja dari motor.



Gambar 6. Grafik perbandingan efisiensi terhadap rpm dari ketiga *bearing*

Untuk grafik perbandingan torsi dengan efisiensi yang ditunjukkan pada Gambar 7, grafik pada perbandingan torsi vs efisiensi hampir sama dengan grafik perbandingan efisiensi ketiga *bearing* terlihat bahwa rata-rata terendah nilai efisiensi berada pada *bearing* dengan cacat pada outer race.

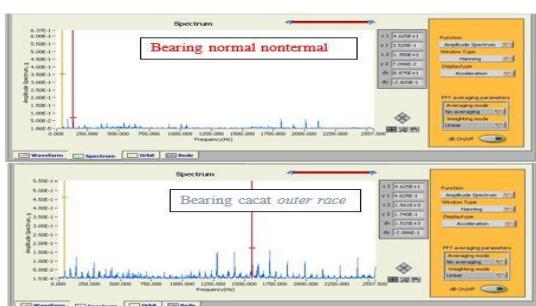


Gambar 7. Grafik perbandingan torsi terhadap efisiensi pada ketiga bantalan

Dengan menggunakan Pers. (1)-(4) maka didapatkan nilai dari frekuensi empat jenis kerusakan *bearing* yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Frekuensi kerusakan bantalan

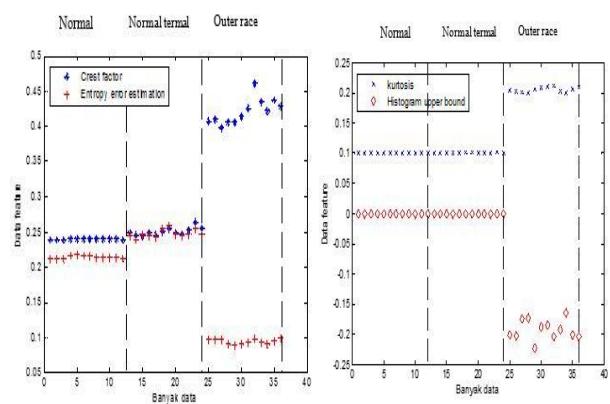
Jenis Kerusakan	Frekuensi
BPFO	134,295 Hz
BPFI	228,66 Hz
FTF	28,583 Hz
BSF	83,118 Hz



Gambar 8. Grafik FFT pada bantalan normal termal channel vertikal

Sinyal kerusakan bantalan pada lingkaran luar muncul pada FFT getaran vertikal bantalan sebgaimana ditunjukkan pada Gambar 8.

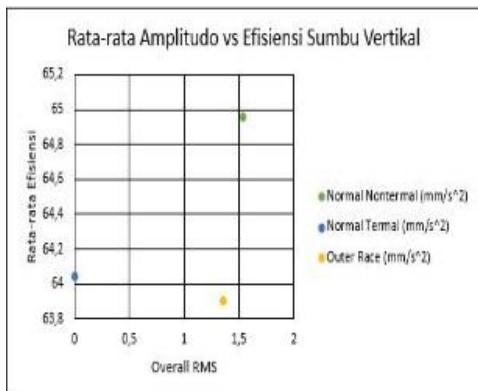
Ekstraksi fitur statistik sinyal getaran ditunjukkan pada Gambar 9. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa fitur statistik dapat menunjukkan perbedaan kondisi bantalan antara bantalan normal dengan bantalan cacat yaitu terdapat variasi nilai fitur yang tidak teratur, sementara untuk kondisi normal nilai fitur statistik relatif mirip.



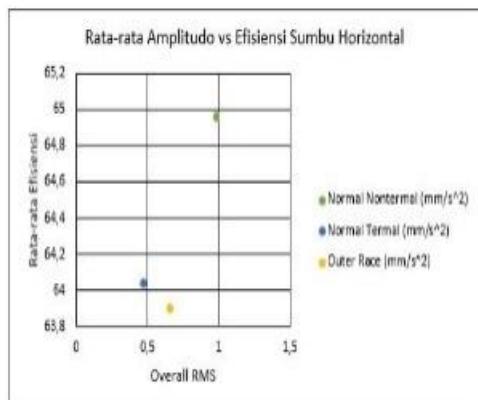
Gambar 9. Fitur statistik 2D crest factor, entropy error estimation, kurtosis, dan histogram upper bound

Gambar 8 juga menunjukkan perbandingan FFT pada bantalan dengan kondisi normal dengan cacat pada *outer race*. Dari gambar tersebut terlihat bahwa amplitudo pada *bearing* dengan cacat *outer race* memiliki nilai amplitudo lebih besar dibandingkan bantalan normal dan juga amplitudo yang besar tersebut terjadi secara kontinyu hingga akhir frekuensi.

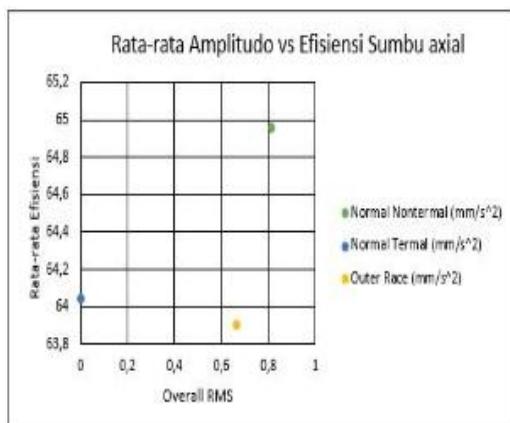
Untuk melihat apakah ada penurunan efisiensi dari motor induksi akibat adanya cacat pada bantalan sehubungan dengan kondisi parameter getaran yang terjadi, maka tinjauan terhadap *overall RMS* getaran terhadap efisiensi disajikan pada Gambar 10.



(a)



(b)



Gambar 10. Grafik Efisiensi dan *Overall RMS* getaran pada arah: (a) Vertikal; (b) Horizontal dan (c) Axial

Pada gambar 10 terlihat nilai efisiensi terendah berada pada bearing dengan cacat *outer race* dengan nilai sekitar 63,9%,

sedangkan nilai efisiensi tertinggi berada pada bantalan normal nontermal, baik dari sumbu vertikal, horizontal dan axial. Dari gambar diatas juga terlihat bahwa kecacatan pada bantalan tidak selalu mempunyai amplitudo yang terbesar.

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan terjadi penurunan efisiensi motor listrik relatif kecil yaitu sebesar 1-2% karena adanya cacat bantalan serta adanya penuaan termal bantalan. Efisiensi terkecil terjadi motor listrik dengan bantalan cacat pada *outer race* sebesar 63,9% dan terbesar ada pada normal nontermal sebesar 64,9%.

Daftar Pustaka

- [1] D. Leggate, J. Pankau, D. Schlegel, R. Kerkman, and G. Skibinski, "Reflected waves and their associated current," in *Proceedings of the IEEE Industry Applications Conference. Thirty-Third IAS Annual Meeting*, vol. 1, pp. 789-798, 1998.
- [2] I. C. Report, "Report of large motor reliability survey of industrial and commercial installation," Part I and Part II, *IEEE Transaction on Industry Application*, Vol. 21, pp.853-872, 1985.
- [3] M. Aderiano, Da Silva, B.S, "*Fault diagnostic and monitoring methods*" A thesis submitted to the faculty of the graduate school, marquette university. Wisconsin. 2006
- [4] Emadi. Ali, "Energy-efficient electric motor third edition, revised and expand". Marcel Dekker, inc. Chicago. 2005.
- [5] Frosini, Lucia, E. Bassi, C. Gazzaniga. "*Effect of the Bearings Faults on the Efficiency of the Induction Motors*". Università di Pavia. Italy.