



PROSIDING

SEMINAR NASIONAL TAHUNAN TEKNIK MESIN INDONESIA - XIV



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT**

supported by



Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV (SNTTM XIV)

ISBN : 978-602-73732-0-4

Diterbitkan oleh : Program Studi Teknik Mesin Universitas Lambung Mangkurat

Alamat : Gedung Fakultas Teknik Unlam Banjarbaru

Jl. A. Yani Km.36 km. 36 Banjarbaru

Telepon/fax : 0511-4772646

Email : teknikmesin.ft@unlam.ac.id / fpaper.unlam@gmail.com

Contact Person : Akhmad Syarief ()

Hak cipta (c) 2015 ada pada penulis

Artikel pada prosiding ini dapat digunakan, dimodifikasi dan disebarakan secara bebas untuk tujuan bukan komersil, dengan syarat tidak menghapus atau mengubah atribut penulis. Tidak diperbolehkan melakukan penulisan ulang kecuali mendapatkan ijin terlebih dahulu dari penulis.



**PROCEEDING SEMINAR NASIONAL TAHUNAN TEKNIK MESIN (SNTTM) XIV
BADAN KERJASAMA TEKNIK MESIN (BKSTM) INDONESIA
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT BANJARMASIN
7-8 OKTOBER 2015**



KATA PENGANTAR

Puji syukur Kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkah dan petunjuk-Nya sehingga “Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin ke-XIV” dapat terlaksana dengan baik.

Seminar ini merupakan rangkaian kegiatan tahunan BKSTM Indonesia, yang kali ini Program Studi Teknik Mesin Universitas Lambung Mangkurat mendapat kepercayaan sebagai tuan rumah penyelenggara.

Dari terlaksananya seminar ini, diharapkan adanya kerjasama yang baik antar Program Studi Teknik Mesin seluruh Indonesia dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, dalam rangka menghadapi *Asean Economic Community 2015*.

Pada kesempatan ini Kami menyampaikan penghargaan setinggi-tingginya kepada BKSTM Indonesia, Pimpinan Universitas dan Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat, *keynote speaker*, tim *reviewer*, sponsor, pemakalah, serta segenap panitia yang telah berpartisipasi atas terselenggaranya acara ini.

Tidak lupa Kami selaku panitia pelaksana memohon maaf seandainya dalam penyelenggaraan acara ini ada kekurangan dan ketidaksempurnaan.

Akhir kata Kami ucapkan selamat berseminar, semoga kegiatan kita ini bermanfaat bagi kita semua.

Banjarmasin, Oktober 2015

Panitia Pelaksana



**PROCEEDING SEMINAR NASIONAL TAHUNAN TEKNIK MESIN (SNTTM) XIV
BADAN KERJASAMA TEKNIK MESIN (BKSTM) INDONESIA
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT BANJARMASIN
7-8 OKTOBER 2015**



SAMBUTAN WAKIL REKTOR IV UNLAM

Bismillahirrohmanirrohim

Assalamualaikum Wr. Wb.

Ladies and Gentleman

First of all, let's we thanks to Allah who has given us blessing till we can meet in this seminar. We don't forget to send our messenger to our prophet Muhammad SAW. He has brought the human from darkness to the lighthness.

Executive Board of Lambung Mangkurat University strongly supports the implementation of national and international seminars on the theme "Challenges and Aplications of Mechanical Engineering Science for Asean Economic Community in 2015". I hope this seminar can advise how courses prepare your mechanical engineering graduates become professionals in the field of mechanical engineering and able to compete at the international level labor market.

More than a decade ago, ASEAN leaders agreed to establish a single market in Southeast Asia in late 2015. The establishment of a single market which is termed the Asean Economic Community (AEC) This will allow the country to sell goods and services easily into other countries across Southeast Asia so the competition will be intense.

Asean Economic Community is not only open the flow of goods or services, but also the labor market professionals. MEA will be more opportunities for foreign workers to fill a variety of positions and professions in Indonesia were closed or minimal foreign power. That is a challenge for Unlam, especially Mechanical Engineering Study Program to prepare students to be a professional and competitive national and international labor market.

A number of leaders of professional associations admitted quite optimistic that the skilled manpower in Indonesia is quite competitive. We do not want the local workforce are actually qualified and capable, but because there are foreign workers be displaced.

Recent research from the World Labor Organization or ILO mentions the opening of labor markets to bring great benefits. Besides being able to create millions of new jobs, these schemes can also improve the welfare of 600 million people living in Southeast Asia.

In 2015, the ILO specifies that the demand for professional workforce will increase by 41% or about 14 million. While the demand for labor middle class will be up 22% or 38 million, while the labor force increased by 24% a low level, or 12 million. But the report predicts that many companies will find less skilled employees or even false job placement because of a lack of training and professional education.

As human being, I relieze that I can't avoid the mistakes, so I apologize to you all. I don't forget to say thanks so much for your nice attention.

Vice Rector IV.
for Planning, Partnership, and Public Relation
Lambung Mangkurat University

Prof. Dr. Ir. H.Yudi Firmanul Arifin, M.Sc.
NIP 19670716 199203 1 002



**PROCEEDING SEMINAR NASIONAL TAHUNAN TEKNIK MESIN (SNTTM) XIV
BADAN KERJASAMA TEKNIK MESIN (BKSTM) INDONESIA
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT BANJARMASIN
7-8 OKTOBER 2015**



**Welcome Speech from Dean of Engineering Faculty UNLAM
Dr-Ing.Yulian Firmana Arifin, S.T.,M.T.**

Assalamualaikum, Wr. Wb.

Dear Distinguished Guest, Ladies and gentlemen,

It gives me great pleasure to welcome all the speakers, participants and distinguished guests to The 1st ICMMME and SNTTM-XIV Banjarmasin. I trust that you will find the conference informative and interesting, and hope that numerous scientific discussions will be deliberated and friendship will bloom as well.

We are very honored to be the host for national and international seminars, That is organized under collaboration between Department of Mechanical Engineering, Lambung Mangkurat University and BKS-TM Indonesia.

I would like to take the opportunity to express my sincere appreciation and gratitude to the organizers of national and international seminars for their commendable effort in organizing and conducting the conference, and also speakers as well as participants for their distinctive role in making this seminar a success.

It is quite fascinating to learn that our colleagues from different universities have similar interests and dedication. We appreciate every effort that has been put down by each of us, with impudence expectation that we could share our knowledge in Mechanical Engineering technology.

Finally, I would like to convey our gratitude to all participants, distinguished guests and presenters that make this seminar a success. Have a nice and pleasant seminar.

Thank you.

Wassalamualaikum, Wr. Wb.



**PROCEEDING SEMINAR NASIONAL TAHUNAN TEKNIK MESIN (SNTTM) XIV
BADAN KERJASAMA TEKNIK MESIN (BKSTM) INDONESIA
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT BANJARMASIN
7-8 OKTOBER 2015**



Reviewers

Prof. Dr. Ing. Harwin Saptoadi (TM. UGM)

Prof. Dr. Yatna Yuwana Martawirya (TM. ITB)

Prof. Dr. Jamasri (TM. UGM)

Prof. Dr. Sulistijono (TM. ITS)

Prof. Dr. Komang Bagiasna (TM. ITB)

Prof. Dr. Ing. Mulyadi Bur (TM. UNAND)

Prof. Dr. Ir. Harinaldi, M.Eng. (TM. UI)

Prof. Dr. Fathurrazie Shadiq (UNLAM)

Dr. Jamari (UNDIP)

Dr. Ir. Syahril Taufiq, MSc.Eng. (UNLAM)

Aqli Mursadin. PhD. (UNLAM)



**PROCEEDING SEMINAR NASIONAL TAHUNAN TEKNIK MESIN (SNTTM) XIV
BADAN KERJASAMA TEKNIK MESIN (BKSTM) INDONESIA
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT BANJARMASIN
7-8 OKTOBER 2015**



SUSUNAN PANITIA

Steering Committee

Advisor

Yulian Firmana Arifin

Chairman

Syahril Taufik

Vice chairman

Akhmad Syarief

Apip Amrullah

M. Rizali

Secretary

M. Jaya Winata, Samsul Rahman, Aries Aditya Kurniawan,
Yuliana Isnani

Organizing committee

Lukman Alibi, Diaurrahman, M. Aulia Rahman,
Bagus Saputro, Raizal Rais, Syauqi Rahmat Firdaus, Rahmat Ilmi,
Irraz Epiondra Fathan, Falentino Ari K, M. Jurni, Fatah Hidayatullah, Moch. Saifudin, Maldi,
Fajar Perdana Putra, Trisna Aditya,
Fakhdillah Bustomi, Akh. Maulana Gumai, Edy Saputro, Jumalik,
Rizky Arya S., M. Fajar Ridwan, Rian Wahyudi, A'yan Sabita,
Ichwan Noor A, Hendrico Ramelan P,
Syahbudi Agung P, Setyo Yulio P.



**PROCEEDING SEMINAR NASIONAL TAHUNAN TEKNIK MESIN (SNTTM) XIV
BADAN KERJASAMA TEKNIK MESIN (BKSTM) INDONESIA
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT BANJARMASIN
7-8 OKTOBER 2015**



DAFTAR ISI

Cover

Kata pengantar	i
Sambutan Wakil Rektor IV Unlam	ii
Sambutan Dekan FT Unlam	iii
Reviewer	iv
Susunan Panitia	v

PROCEEDING SEMINAR NASIONAL TAHUNAN TEKNIK MESIN (SNTTM) XIV
BADAN KERJASAMA TEKNIK MESIN (BKSTM) INDONESIA
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT BANJARMASIN
7-8 OKTOBER 2015

Halaman :

KODE		NAMA PENULIS	JUDUL
MAN	14	H.C. Kis Agustin, Ika Dewi Wijayanti, Tomi Cahyorifandi	Pengaruh Variasi Kecepatan Gerak Benda Kerja terhadap Umur pada Proses Pembuatan Cetakan <i>Paving Blok</i> AISI 1045 <i>Home Industry</i> Menggunakan Metode <i>Progressive Flame Hardening</i>
MAN	15	I Made Widiyarta, I Made Parwata, I Putu Lokantara, Dirga S., Komang Yudy S. P., Davin Perangin-Angin, Nyoman A. Suryawirana	Kekasaran permukaan baja karbon sedang akibat proses <i>sand-blasting</i> dengan variasi tekanan dan sudut penyemprotan
MAN	16	Indra Djodikusumo, Ruswandi, Duddy Arisandi	Pemrograman CNC 5-Axis untuk Pembuatan <i>Runner</i> Turbin Propeler berbasis <i>Feature</i>
MAN	17	Indra Djodikusumo, Duddy Arisandi, Ruswandi	Desain, Manufaktur, dan Inspeksi Produk Berbasis Fitur
MAN	20	Sri Raharno, Puji Rianto, Yatna Yuana Martawirya	Simulasi Proses Active Hydro-Mechanical Drawing dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga pada Material Aluminium AlMg ₃
MAN	21	Agung Wibowo, Tri Prakosa, Rizky Ilhamsyah	APLIKASI METODOLOGI DESAIN HATAMURA UNTUK PROSES DESAIN GEOMETRI JIG DAN FIXTURE
MAN	23	Novianto Arif Setiawan, Tri Prakosa, Agung Wibowo	PEMBUATAN MODUL PENGUJIAN KETELITIAN GEOMETRIK MESIN CNC MILLING VERTIKAL DENGAN METODE DOUBLE BALL BAR
MAN	24	Willyanto Anggono, Michael Kusuma Hadi	<i>Sustainable Product Development for Motorcycle Sidestand using Pugh's Concept Selection Method</i>
MAN	25	Yanuar Burhanuddin, Feni Setiawan, Suryadiwansa Harun, Helmi Fitriawan	Pemodelan Penyalaan Pada Proses Bubut Kering Magnesium AZ31 Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan
MAN	26	Triyono, Budi Nugroho, Nurul Muhayat	Pengaruh <i>Plunge Depth</i> dan Preheat Terhadap Sifat Mekanik Sambungan <i>Friction Stir Welding Polyamide</i>
MT	01	A. Widodo, N. Sinaga, M. Muchlis	Analisis Penurunan Efisiensi Motor Listrik Akibat Cacat Pada Bantalan
MT	02	Agus S. Pamitran, Muhammad Fauzan, Ruhama Sidqy	Unjuk Kerja Pembuat <i>Ice Slurry</i> 350W dengan Air Laut
MT	03	Aida Annisa Amin Daman, Harus Laksana Guntur, Wiwiek Hendrowati, Moch. Solichin	Pengaruh Variasi Diameter Orifice Terhadap Karakteristik Dinamis Hydraulic Motor Regenerative Shock Absorber (HM RSA) dengan Satu Silinder Hidraulik
MT	04	Ainul Ghurri, Anak Agung Adhi Suryawan, Bangun Tua Sagala	Pengaruh Jumlah Lilitan Pipa Sebagai Pemanasan Awal Pada Kompor Pembakar Jenazah

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}Jurusan Teknik Mesin, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Soedarto, SH., Tembalang, Semarang 50275 Indonesia

^aawid@undip.ac.id, ^bnazarsinaga@undip.ac.id, ^cmuh.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 survey 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 pengereman. Parameter lain yang diukur adalah putaran motor serta parameter percepatan getaran sebagai indikator dari adanya cacat pada bantalan. Hasil penelitian ini menyatakan bahwa terjadi 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

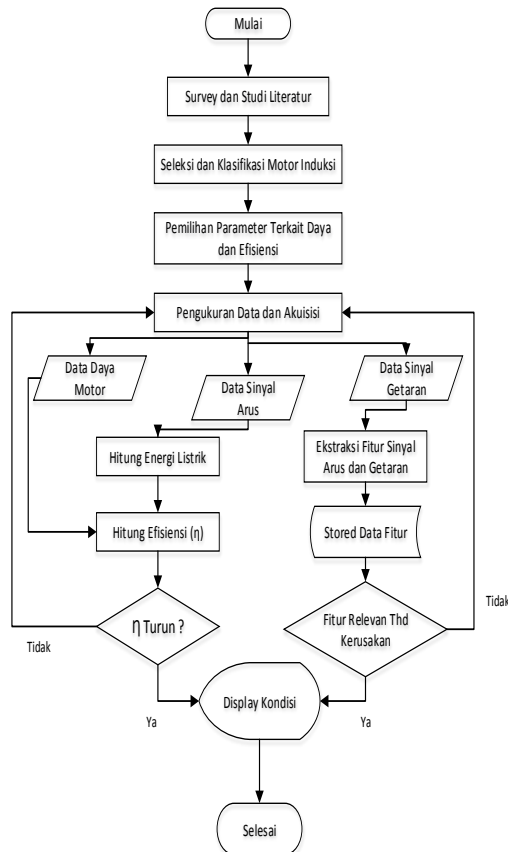
Motor listrik merupakan perangkat mesin listrik yang menggunakan prinsip elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik tersebut dimanfaatkan sebagai tenaga penggerak pada berbagai mesin, misalnya, untuk menggerakkan roda *impeller* pada pompa, kompresor, *fan*, dan *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):

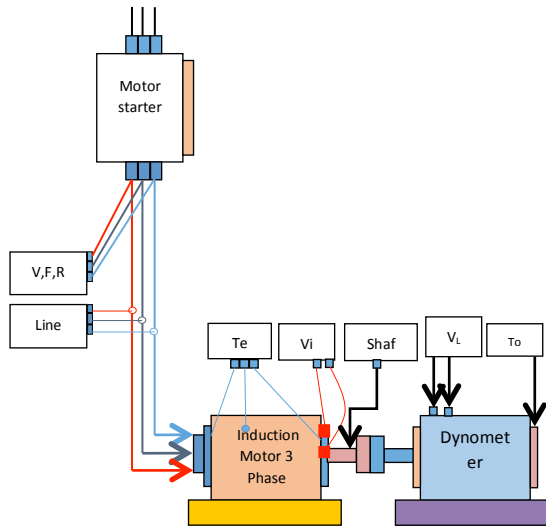
- Memasukkan *bearing* ke dalam oven dengan suhu 140° di selama 72 jam.
- Bantalan dikeluarkan dari oven lalu disiram dengan air dingin dan didiamkan pada udara terbuka selama 15 menit.
- Setelah itu bantalan dimasukkan kembali ke dalam oven selama 72 jam.
- Setelah itu bantalan dikeluarkan dan didiamkan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

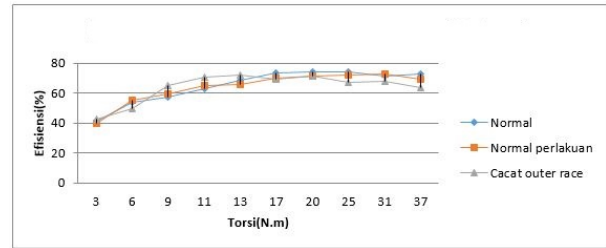
N = Jumlah bola pada *bearing*
 fr = Kecepatan putar shaft motor dalam Hz
 d = Diameter bola *bearing*
 D = Diameter luar dari *bearing*
 α = Sudut kontak bola yang besarnya 0°

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

Hasil Penelitian

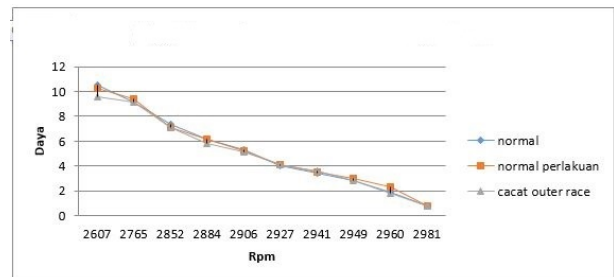
Perbandingan efisiensi ketiga bantalan dapat dilihat pada Gambar 4, dari hasil pengujian didapatkan nilai efisiensi tertinggi terjadi pada bantalan normal dengan nilai sekitar 74% dan nilai terendah

pada bantalan dengan cacat pada lingkaran luar.



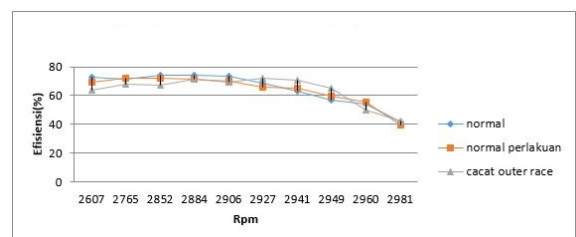
Gambar 4. Perbandingan nilai efisiensi ketiga bantalan

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



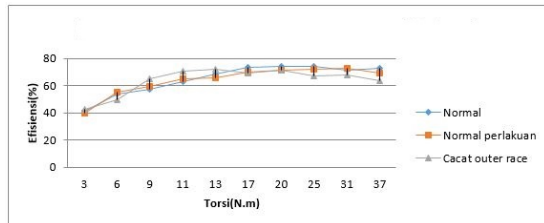
Gambar 5. Grafik perbandingan daya terhadap Rpm dari ketiga bantalan

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 pengereman yang terjadi pada *dynamometer* 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*.

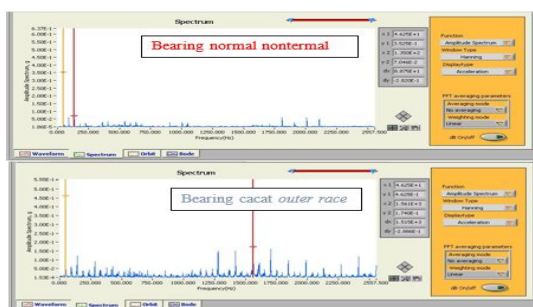


Gambar 7. Grafik perbandingan torsi terhadap efisiensi pada ketiga bantalan

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

Tabel 1. Frekuensi kerusakan bantalan

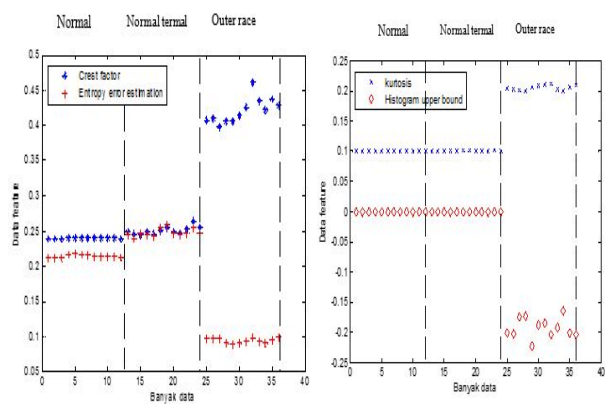
Jenis Kerusakan	Frekuensi
BPFO	134,295 Hz
BPFI	228,66 Hz
FTF	28,583 Hz
BSF	83,118 Hz



Gambar 8. Grafik FFT pada bantalan normal termal channel vertikal

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

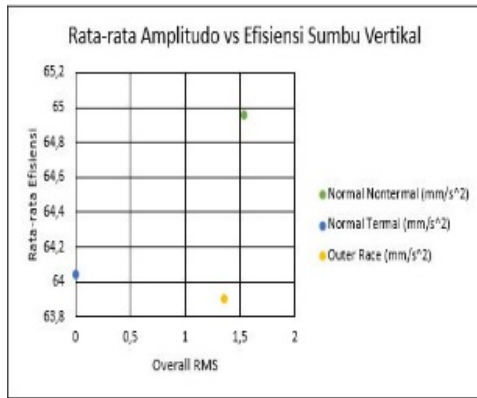
Ekstraksi fitur statistik sinyal getaran ditunjukkan pada Gambar 9. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa fitur statistik dapat menunjukkan perbedaan kondisi bantalan antara bantalan normal dengan dengan bantalan cacat yaitu terdapat variasi nilai fitur yang tidak teratur, sementara untuk kondisi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



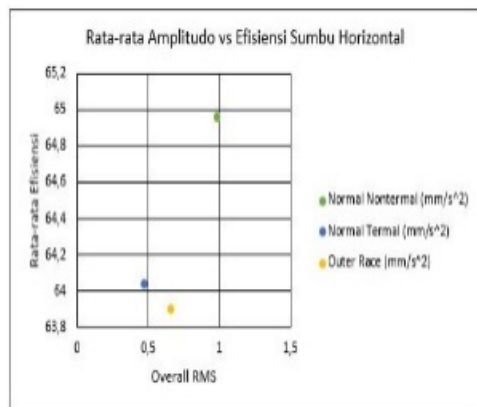
Gambar 9. Fitur statistik 2D *crest factor*, *entropy error estimation*, *kurtosis*, dan *histogram upper bound*

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.

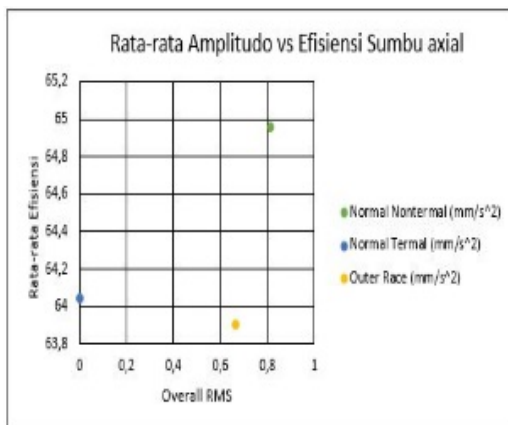
Untuk melihat apakah ada penurunan efisiensi dari motor induksi akibat adanya cacat pada bantalan sehubungan dengan kondisi parameter getaran yang terjadi, maka tinjauan terhadap *overall RMS* getaran terhadap efisiensi disajikan pada Gambar 10.



(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.