

# Analisis Performa Motor Induksi 3 Fasa Saat Terjadi Kerusakan Bearing

Muhammad Ashfahandika<sup>1</sup>, Puji Slamet<sup>2</sup>, Reza Sarwo Widagdo<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Department of Electrical Engineering, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Indonesia

Jl. Semolowaru 45 Surabaya 60118, Telp. 031-5931800, Faks. (031) 5931800

E-mail: [ashfahandika@gmail.com](mailto:ashfahandika@gmail.com), [pujislamet@untag-sby.ac.id](mailto:pujislamet@untag-sby.ac.id), [rezaswidagdo@untag-sby.ac.id](mailto:rezaswidagdo@untag-sby.ac.id)

## ARTICLE INFO

### Article history:

Received 21 March 2025

Received in revised form

10 Mei 2025

Accepted 1 May 2025

Available online 15 June 2025

### Keywords:

3-phase induction motor

Bearing

Bearing damage

Harmonics

## ABSTRACT

Induction motors find extensive use in the industrial sector, with nearly 90% of motor applications in the industry employing 3-phase induction motors. Disturbances in rotating machines such as those caused by bearing damage in 3-phase motors. This research focuses on evaluating the efficiency of 3-phase induction motors in the presence of bearing damage. The approaches employed in this thesis research consist of literature reviews, tool modeling or modification, mathematical measurements, result analysis, and drawing conclusions. Analysis is carried out to measure speed, temperature, current, voltage, power, and THD<sub>i</sub> calculations. The six points are measured to analyze with varying results depending on the weight of the damage and the addition of the load, then the harmonic current caused by bearing damage has not exceeded the IEEE 519-2014 standard, namely with a THD<sub>i</sub> limit of 15%.

## 1. Pendahuluan

Saat ini, motor induksi banyak digunakan di sektor industri, dengan sekitar 90% pengaplikasian motor di sektor ini menggunakan tipe *3-phase induction motor*. Gangguan pada peralatan berputar seperti yang disebabkan oleh kerusakan *bearing* pada motor 3 fasa [1]. Pada penelitian yang dilakukan oleh Ade Irman Firdaus dan Mohammad Amir dengan judul “Studi Analisis Pengaruh Harmonisa Akibat Penggunaan *Variable Speed Drive* pada Motor Induksi Tiga Fasa”. Dalam penelitiannya ini dievaluasi motor *3-phase* dengan VSD (*Variable Speed Drive*) yang dikonfigurasi menggunakan beban sebesar 750W dan 15kW. Dalam hasil pengukuran menunjukkan pada beban sebesar 750W, motor *3-phase* dengan *Variable Speed Drive* menunjukkan THD<sub>i</sub> fasa *neutral* terendah sebesar 94,35%, tertinggi sebesar 101,03%. Lalu beban 15kW, THD<sub>i</sub> fasa *neutral* terkecil tercatat sebesar 40,62%, sedangkan yang paling besar 48,08%. [2]. Arus *transient* dan harmonisa dapat menghasilkan torsi mekanis yang menyebabkan getaran dan kebisingan pada motor. Arus *transient* dan harmonisa dapat menyebabkan masalah panas berlebih jika mesin dioperasikan terus-menerus. [3]. Penggunaan *bearing* dengan masalah-masalah yang masih besar juga memacu penulis melakukan analisa khusus. Dengan mempertimbangkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang ditulis dalam analisis ini ialah bagaimana performa motor induksi 3 fasa saat terjadi kerusakan *bearing*, dengan tujuan dapat melakukan analisis performa motor induksi *3-phase* saat terjadi kerusakan *bearing*. Pada penelitian ini diharapkan bisa memberi kontribusi baik pada pembaca maupun masyarakat dengan kebutuhan dalam bidang yang sama. Diharapkan, peneliti maupun pembaca dapat mengetahui simulasi daripada performa motor induksi 3 fasa saat terjadi kerusakan *bearing*, diharapkan juga bermanfaat untuk peneliti selanjutnya dalam pembuatan karya tulis ilmiah atau analisis lebih lanjut terkait motor induksi 3 fasa terutama saat terjadi adanya kerusakan *bearing*, maupun dikembangkan dalam motor lainnya.

## 2. Studi Literatur

### A. Penelitian Terdahulu

“Analisa Kestabilan *Transient* Jaringan Listrik 150kV Di Gardu Induk Waru” yaitu penelitian yang dilakukan oleh Aswin Dwi pada tahun 2023 Peneliti menggunakan software

ETAP (*Electric Transient And Analysis Program*) 19.0.1 dalam simulasinya untuk mengetahui kestabilan transient pada jaringan yang diteliti. Hasil penelitian menyebutkan bahwa gangguan transient berpengaruh pada kestabilan jaringan. Ketika di tiap penyulungan mengalami penambahan beban yaitu sebesar 10%, 20%, dan 30%, maka *frequency* pada bus 150 kV menjadi tidak stabil pada detik-detik awal hingga mulai stabil kembali sekitar detik ke-200. [4].

“Analisis Total *Harmonic Current Distortion* Pada Motor Induksi 3 Fasa” yaitu penelitian yang dilaksanakan oleh Febriani Husniah pada tahun 2016. Peneliti memanfaatkan beban pada *3-phase induction motor* berdasarkan acuan dari motor pada Skripsi Adin Teguh dan juga motor *type SM IEC SG6324* yang dipergunakan di ITS, Surabaya. Pada penelitian tersebut mengkaji pemeriksaan harmonik pada *3-phase induction motor*. Dampak penambahan filter yang untuk mengurangi harmonik pada motor 3 fasa, beserta perubahan yang diamati mulai dari sebelum pemasangan filter kemudian sesudah pemasangan filter pada motor 3 fasa. Tantangan dalam analisa harmonik ini terletak pada penentuan ukuran filter yang diperlukan untuk meminimalkan harmonisa. Hasil yang berbeda menunjukkan nilai harmonik pada inverter terhubung ke beban sebesar 91,52%, sedangkan setelah terhubung ke beban 1, nilainya naik menjadi 103,23%, dengan orde tertinggi adalah orde kelima. Untuk beban 2, persentasenya adalah 92,37%, dengan orde tertinggi adalah orde 9. Rangkaian filter pasif tunggal dapat digunakan untuk meminimalkan harmonisa yang terhubung ke beban motor induksi 3 fasa, dengan menggunakan nilai kapasitor dan induktor yang sesuai dengan orde tertinggi. Nilai harmonik yang lebih rendah menghasilkan peningkatan kinerja sistem dan memperpanjang umur setiap komponen, karena inverter terlindungi dari panas berlebih. [5], [6].

“Peningkatan Kualitas Daya Listrik / *EPQ* Dalam Pengaturan Kecepatan Pada *3-Phase Induction Motor*” yaitu penelitian oleh Wiwik Handajadi di tahun 2016, peneliti menyebutkan, dengan adanya harmonisa akan mengakibatkan penurunan *Power Factor (PF)* dimana akan berdampak efisiensi distribusi menurun, hal ini disebabkan faktordaya yang rendah. Peneliti menggunakan Program PSIM simulasi, metode DOL motor mulai, ada saat gelombang 580% dari FLA (Beban Penuh Ampere), dengan arus dari 777,2 A. Metode YD lonjakan 200% FLA saat 268A. Kontrol kecepatan motor induksi berkisar dari saat

dinyalakan hingga kecepatan normal pada beban penuh untuk operasi standar. Teknik soft starter elektronik memodifikasi sudut Thyristor, dengan arus pemicu dimulai pada 8 A. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pendekatan start mekanis memiliki arus awal yang lebih rendah; Dengan demikian, penggunaan metode soft start kontrol elektronik diharapkan dapat secara bertahap memasukkan tegangan dan arus ke motor sesuai konfigurasi yang diinginkan. Oleh karena itu, masalah pengaktifan motor induksi tiga fase dapat diatasi. [7].

Penelitian I GUSTI PUTU YUDIASTAWAN di tahun 2009 di Depok, di mana peneliti menyelidiki kegagalan mekanis pada motor induksi, khususnya pada *ball bearing*, menggunakan *Fast Fourier Transform (FFT)* dimana dihitung melalui perangkat lunak *Lab view*. Temuan peneliti menunjukkan bahwa *current signature analysis* yang ada efektif untuk pemantauan motor induksi secara daring. Spektrum tanda gangguan pada *ball bearing* 6204 2z dapat diamati dengan jelas pada *frequency* 50,12 Hertz, 150,25 Hertz, 250,66 Hertz, 350,83 Hertz, 451,01 Hertz, dan 550,89 Hertz, dengan tingkat keberhasilan pencarian sebesar 55%. Lebih jauh lagi, *spectrum* daya pada motor normal lebih rendah dibandingkan dengan motor yang mengalami kerusakan, khususnya -19,34 dB untuk motor yang normal dibandingkan dengan -17,75 dB untuk motor yang rusak. [8].

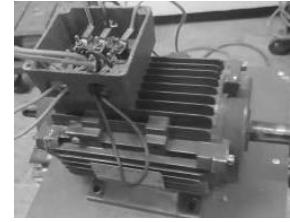
Di antara semua jurnal yang disebutkan, variasi diamati dalam simulasi analisis yang digunakan. Analisis penelitian awal menggunakan perangkat lunak *Electric Transient And Analysis Program (ETAP)* versi 19.0.1. Pemeriksaan penelitian kedua menggunakan analisis *Fast Fourier Transform (FFT)*. Analisis penelitian ketiga menggunakan PSIM versi 9.0. Analisis penelitian keempat menggunakan FFT dan juga *motor current signature analysis*. Perbedaan selanjutnya diamati dalam pendekatan penerapan beban yang digunakan untuk memeriksa gangguan *transient* dan harmonisa. Dalam analisis penelitian awal dan kedua, beban tambahan diterapkan, sedangkan studi ketiga dan keempat mengecualikan beban tambahan, yang menunjukkan bahwa temuan analisis selaras dengan *induction motor* yang dipergunakan.

## B. Dasar Teori

### Motor Induksi 3-phase

Motor induksi, yang biasa disebut motor asinkron, adalah jenis motor arus AC yang sering dipergunakan di sektor industri. Motor ini disebut motor induksi karena arus rotor pada motor merupakan *induction current* yang dihasilkan dari selisih relatif antara putar rotor dengan medan putar yang dihasilkan oleh arus stator. [1].

Motor induksi biasanya dikategorikan menjadi dua: motor induksi *1-phase* dan motor induksi *3-phase*. Pada hakikatnya prinsip dari kedua motor ini sama, yaitu dikarenakan adanya induksi, khususnya adanya medan putar pada lilitan stator primer yang bersentuhan dengan batang rotor, sehingga menghasilkan induksi pada rotor. Motor induksi disebut motor (AC) karena rotor berputar pada kecepatan yang berbeda dari medan magnet stator, sehingga menghasilkan perbedaan putaran yang disebut slip antara medan rotor dan stator. Akibatnya, mesin induksi umumnya digunakan dalam industri besar dan kecil, serta di rumah-rumah, karena fitur-fiturnya sangat sesuai dengan tuntutan sektor industri, khususnya mengenai biaya, efisiensi, perawatan, dan stabilitas kecepatan. Mesin induksi ini (asinkron) biasanya memiliki satu sumber energi yang memberi energi (mengionisasi) belitan stator. Belitan Rotor tidak terhubung langsung ke catu daya; sebaliknya, belitan ini menerima eksitasi melalui induksi dari variasi medan magnet yang dihasilkan oleh arus yang mengalir dalam belitan stator. [9].

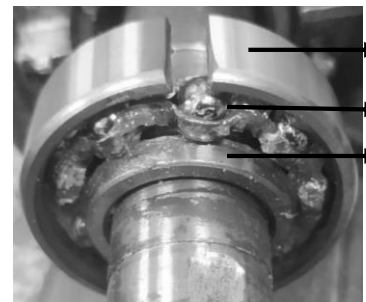


Gambar 2. 1 3-phase Induction Motor

Motor pada gambar 2.1 merupakan *3-phase Induction Motor* yang dipakai penulis untuk melakukan penelitian dengan daya yang tertera pada *nameplate* yaitu sebesar 1.8 kW.

### Bearing

*Bearing* merupakan bagian pada motor yang menjadi tumpuan *shaft* pada kerangka motor sehingga antara stator dan rotor memiliki celah udara / gap. *Bearing* sendiri juga terdapat beberapa komponen yaitu *Inner race*, bola bearing / *steel ball*, *Outer race*. Agar motor dapat berputar secara optimal maka komponen pada *bearing* tidak boleh ada kerusakan agar tidak ada hambatan yang terjadi pada putaran *bearing*.



Gambar 2. 2 (a) *Bearing* terpasang pada *shaft*. (b) komponen pada *bearing*

Dapat dilihat pada gambar 2.2 diatas, tampak bahwa *bearing* memiliki pengaruh besar terhadap kecepatan motor dan efisiensi motor.

### Kerusakan Pada Induction Motor

Kerusakan yang umum ditemukan pada *induction motor* dapat diidentifikasi pada rotor atau stator. Elemen yang dapat menyebabkan kerusakan motor dapat muncul dari berbagai sumber termasuk pergerakan peralatan, jaringan catu daya yang terintegrasi ke dalam sistem operasi motor, atau kondisi lingkungan seperti suhu, tekanan, dan faktor mekanis, yang memengaruhi fungsi normal motor. Kerusakan yang diakibatkan dari pergerakan peralatan dapat disebabkan oleh kopling besar dan pergeseran vertikal, disertai siklus on-off yang sering dan durasi yang lama. Jaringan suplai dapat membahayakan motor karena tegangan yang tidak sesuai, terutama jika tegangan terlalu tinggi atau rendah, dan juga karena tegangan fasa yang tidak seimbang pada motor tiga fasa. Faktor lingkungan sering kali menjadi penyebab kerusakan motor, termasuk suhu yang terlalu tinggi, udara pendingin yang tidak memadai, dan dampak getaran. [10].

**Kerusakan pada Bearing**

Hubungan yang erat antara sistem pengembangan motor dan pemasangan bearing membuatnya sulit membayangkan kemajuan mesin listrik kontemporer tanpa menyadari penerapan bearing yang luas. Kerusakan bearing dapat terjadi akibat kerusakan rotor asimetris. Kerusakan pada bearing dapat diklasifikasikan menjadi kerusakan cincin luar, kerusakan cincin dalam, kerusakan bola, dan kerusakan sangkar/penahan. [8].

**Jenis Kerusakan Bearing Pada Induction Motor**

Bearing merupakan bagian dari induction motor yang memungkinkan rotor dapat berputar tanpa hambatan. Berdasarkan dari survei yang dilakukan oleh Institute of Electrical and Electronics Engineers Industry Applications Society (IEEE-IAS) dan Electric Power Research Institute (EPRI) pada berbagai motor industri, diketahui kerusakan yang paling signifikan terjadi pada bearing induction motor [11]. Tabel 2.1 menampilkan hasil survei yang dilakukan oleh EPRI dan IEEE-IAS.

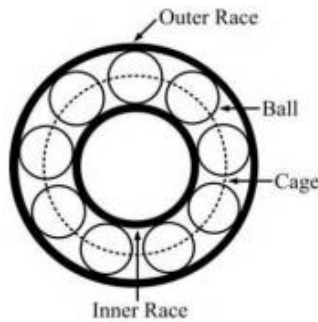
Berdasarkan survei yang dilakukan oleh EPRI yang mencakup 6.312 motor dan studi oleh Motor Reliability Working Group IEEE IAS yang memeriksa 1.141 motor, temuannya disajikan dalam tabel 2.1 (di bawah). Kerusakan pada bearing bisa diklasifikasikan sebagai kerusakan cincin luar dan kerusakan cincin dalam tergantung pada lokasinya. Faktor utama kerusakan bearing meliputi kontaminasi pelumas, penipisan oli pelumas, kelebihan beban, dan suhu yang berlebihan.

Tabel 2.1 Hasil Survei kerusakan motor induksi

Jenis Kerusakan	Persentase Kerusakan (%)	
	EPRI	IEEE-IAS
Kerusakan Bearing	41	44
Kerusakan Belitan	36	26
Kerusakan Rotor	9	8
Kerusakan Lainnya	14	22

Sumber: Hasil survei EPRI dan IEEE-IAS [11].

Konstruksi bearing biasanya terdiri dari empat komponen utama: outer race, inner race, ball, dan cage. Di setiap komponen mempunyai tujuan khusus untuk memungkinkan rotor dapat berputar dengan mudah. Gambar berikut menggambarkan konstruksi bearing.



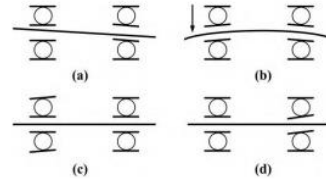
Gambar 2.3 Bagian-bagian pada bearing di induction motor

Kegagalan bantalan dimulai dari retakan halus saat motor berjalan dalam kondisi normal, beban variabel, dan tidak sejajarnya rotor. Kesalahan ini tentu saja dapat menyebabkan kerusakan pada berbagai komponen motor. Selain faktor mekanis, masalah eksternal seperti kontaminasi, korosi, pelumasan yang tidak memadai, dan pemasangan yang salah juga dapat menyebabkan kegagalan bantalan.

Kontaminasi dan korosi juga merupakan faktor eksternal yang dapat menyebabkan kerusakan pada bearing. Hal ini tentu saja dipengaruhi oleh kondisi lingkungan yang buruk dan penempatan motor induksi yang kurang baik. Kotoran dan debu merupakan partikel yang dapat menyebabkan kontaminasi pada bearing. Sedangkan korosi disebabkan karena adanya proses kimia antara motor induksi dengan zat-zat lain disekitarnya seperti air, asam, dan zat lainnya [11]. Pemberian pelumas pada

bearing harus sesuai tidak kurang dan tidak berlebihan, karena dapat mengakibatkan panas yang berlebihan, tentunya dapat mempercepat kerusakan pada bearing, yang berujung kegagalan dini pada bearing.

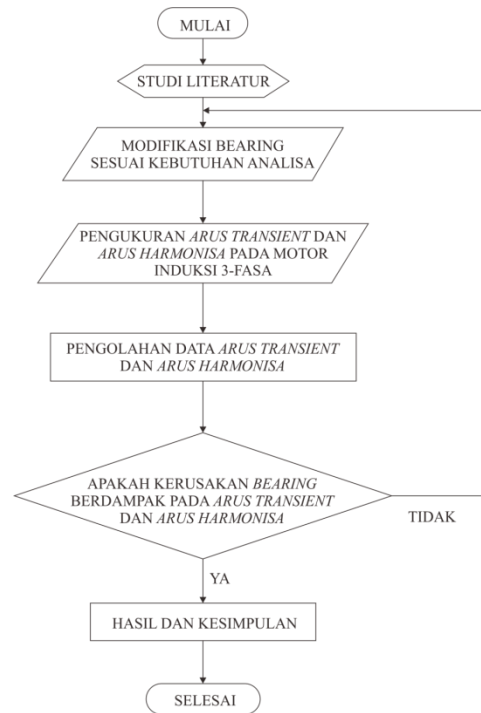
Kesalahan pemasangan terjadi karena pemasangan bearing yang tidak tepat pada poros atau di dalam race bearing. Kesalahan ini mengakibatkan kerusakan pada motor. Posisi rotor yang tidak sejajar seperti yang ditunjukkan Gambar 2.2 menyebabkan kerusakan pada bantalan karena kesalahan pemasangan, di mana (a) menunjukkan tidak sejajarnya rotor, (b) menunjukkan defleksi posisi pada rotor, (c) menunjukkan miring di lintasan luar, dan (d) menggambarkan miring di lintasan dalam. Posisi rotor yang tidak sejajar paling sering terjadi daripada kemiringan lintasan luar maupun dalam. [11].



Gambar 2.4 Kesalahan pemasangan pada bearing

**3. Metodologi**

Bab ini mengkaji pendekatan penelitian secara keseluruhan, khususnya penelitian yang dilakukan secara bertahap yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengembangkan solusi atas masalah. Teknik yang dipakai dalam penelitian tesis ini meliputi tinjauan pustaka, pemodelan sistem, perhitungan matematika, simulasi analisis kinerja untuk motor induksi 3 fase dengan kerusakan bearing, analisis hasil, dan kesimpulan. Berikut ini adalah diagram yang menggambarkan proses penelitian.



Gambar 3.1 Diagram alir

#### 4. Pembahasan

Pada penelitian yang dilakukan di Laboratorium Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya dengan melakukan pengukuran pada arus, tegangan, kecepatan putaran (Rpm), suhu, dan power faktor pada *3-phase induction motor*, diperoleh hasil pengukuran sebagai berikut:

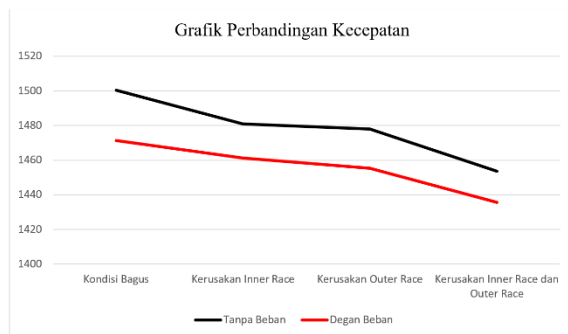
##### 1. Hasil Pengukuran (Rpm) Kecepatan

Pengukuran kecepatan (rpm) motor dilakukan dengan *tachometer*, dan diperoleh hasil pengukuran kecepatan motor adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Pengukuran kecepatan

Kondisi <i>Bearing</i>	Kecepatan (Rpm)	
	Tanpa Beban	Dengan Beban
Kondisi Bagus	1500.5	1471.3
Kerusakan Inner Race	1480.9	1461.3
Kerusakan Outer Race	1478.0	1455.4
Kerusakan Inner Race dan Outer Race	1453.7	1435.6

Dari hasil pengukuran kecepatan, menunjukkan bahwa kondisi *bearing* berpengaruh pada kecepatan putaran motor.



Gambar 4. 1 Grafik perbandingan kecepatan

Berdasarkan grafik di atas, terjadi penurunan kecepatan putaran motor. Saat *bearing* dalam kondisi optimal, kecepatan yang dihasilkan adalah 89,3% dari *nameplate* saat tanpa beban dan 87,5% saat berbeban. Saat *bearing* mengalami kerusakan pada *inner* atau *outer race*, kecepatan motor biasanya turun sekitar 1,5%. Saat *outer race* dan *inner race bearing* rusak, kecepatan motor turun rata-rata 3%.

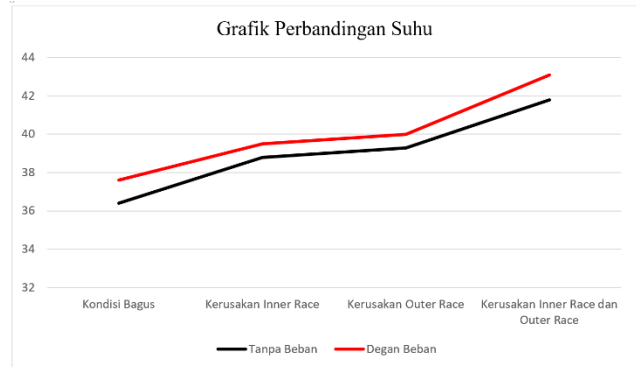
##### 2. Hasil Pengukuran Suhu

Pengukuran suhu menggunakan *thermogun* pada *body* motor didapatkan hasil pengukuran suhu motor sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Pengukuran suhu

Kondisi <i>Bearing</i>	Suhu (°C)	
	Tanpa Beban	Dengan Beban
Kondisi Bagus	36,4	37,6
Kerusakan Inner Race	38,8	39,5
Kerusakan Outer Race	39,3	40,0
Kerusakan Inner Race dan Outer Race	41,8	43,1

Dari hasil pengukuran suhu, menunjukkan bahwa kondisi *bearing* berpengaruh pada suhu motor.



Gambar 4. 1 Grafik perbandingan suhu

Berdasarkan grafik diatas, menunjukkan adanya peningkatan suhu pada motor. Pada saat *bearing* mengalami kerusakan, rata-rata peningkatan suhu motor yaitu sebesar 5%-15%.

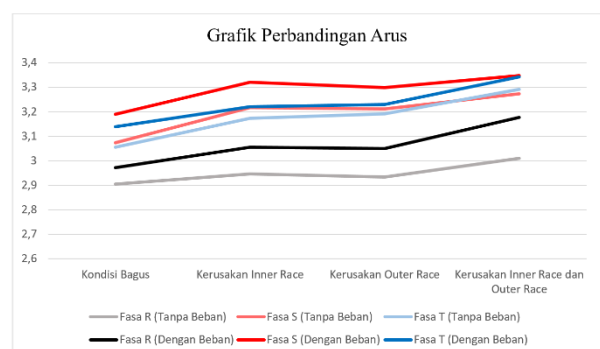
##### 3. Hasil Pengukuran Arus

Pengukuran arus menggunakan *ampere meter* pada tiap kabel fasa R, S, T, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:

Tabel 4. 3 Pengukuran Arus

Kondisi <i>Bearing</i>	Arus (A)					
	Tanpa Beban			Dengan Beban		
	R	S	T	R	S	T
Kondisi Bagus	2.905	3.074	3.055	2.971	3.190	3.139
Kerusakan Inner Race	2.947	3.217	3.174	3.056	3.320	3.221
Kerusakan Outer Race	2.934	3.211	3.191	3.050	3.298	3.230
Kerusakan Inner Race dan Outer Race	3.010	3.273	3.291	3.177	3.348	3.343

Hasil pengukuran arus menunjukkan bahwa, saat *bearing* dalam kondisi optimal, arus rata-rata adalah 3.011 A (tanpa beban) dan 3.100 A (dengan beban). Saat *bearing* rusak di bagian *inner race* dan *outer race*, arus rata-rata terukur 3.158 A (tanpa beban) dan 3.289 A (dengan beban).



Gambar 4. 2 Grafik perbandingan arus

Berdasarkan grafik diatas, menunjukkan adanya peningkatan arus. Pada saat *bearing* mengalami kerusakan, rata-rata peningkatan arus yaitu sebesar 5%-15%.

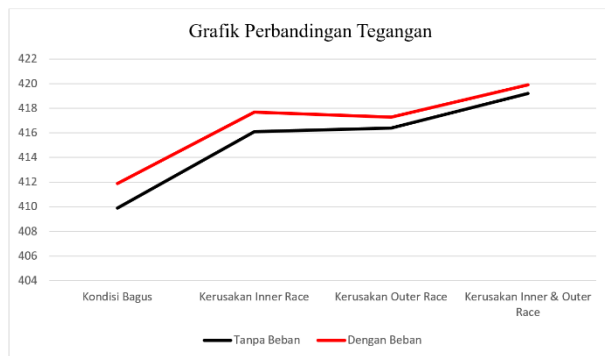
#### 4. Hasil Pengukuran Tegangan

Pengukuran tegangan menggunakan *volt meter* pada kabel fasa R, S, T, diperoleh hasil pengukuran sebagai berikut:

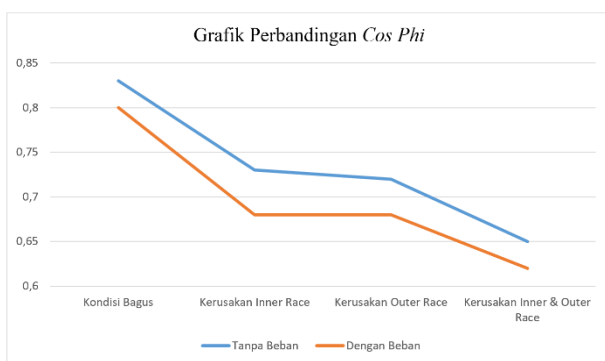
Tabel 4. 4 Hasil pengukuran tegangan

Kondisi Bearing	Tegangan (V)							
	Tanpa Beban			Cos $\phi$	Dengan Beban			Cos $\phi$
R-S	R-T	S-T	R-S		R-T	S-T		
<b>Kondisi Bagus</b>	409	408.3	411.	0.83	411.	410.	414.	0.80
<b>Kerusakan Inner Race</b>	416	414.7	417.	0.73	417.	416.	419.	0.68
<b>Kerusakan Outer Race</b>	416	414.9	417.	0.72	417.	415.	419.	0.68
<b>Kerusakan Inner Race dan Outer Race</b>	419	417.6	420.	0.65	420.	418.	421.	0.62

Dari hasil pengukuran tegangan dan *cos phi*, menunjukkan bahwa pada saat *bearing* dalam kondisi bagus, tegangan rata-rata sebesar 409.9 V dengan *cos phi* 0.83 (tanpa beban) dan 411.9 dengan *cos phi* 0.80 (dengan beban). Sedangkan pada saat *bearing* dalam kondisi rusak di bagian *inner race* dan *outer race*, tegangan rata-rata sebesar 419.2 V dengan *cos phi* 0.65 (tanpa beban) dan 419.9 V dengan *cos phi* 0.62 (dengan beban).



(a)



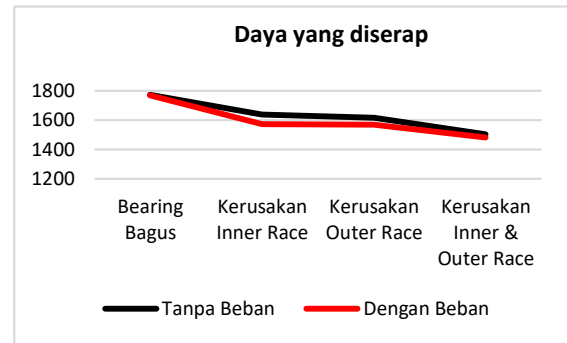
(b)

Gambar 4. 3 (a) Grafik perbandingan tegangan, (b) Grafik perbandingan *cos phi*

Dapat dilihat dari grafik diatas, menunjukkan adanya peningkatan tegangan dan penurunan nilai power faktor. Pada saat *bearing* mengalami kerusakan, rata-rata peningkatan tegangan yaitu sebesar 1.5%-2.1%.

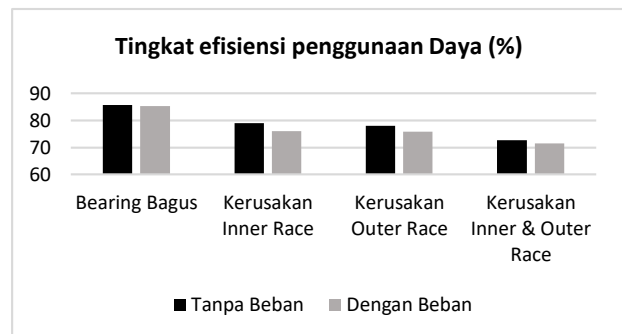
#### 5. Perhitungan Efisiensi Daya

Berdasarkan dari data-data hasil pengukuran diatas, maka dapat dilakukan perhitungan nilai efisiensi motor induksi 3 fasa yang diakibatkan kerusakan *bearing*.



Gambar 4. 4 Grafik daya yang diserap

Dilihat dari grafik pada gambar 4.5 diatas, pengaruh kerusakan *bearing* menyebabkan penurunan daya. Pada *bearing* dalam kondisi bagus daya yang diserap sebesar 1.774,3 Watt (Tanpa Beban), dan 1.769,3 Watt (Dengan Beban), sedangkan pada saat kondisi *bearing* dengan kerusakan di bagian *Inner Race* dan *Outer Race* daya yang diserap sebesar 1.505,9 Watt (Tanpa Beban), dan 1.483 Watt (Dengan Beban).



Gambar 4. 5 Grafik tingkat efisiensi penggunaan daya

Dari grafik pada gambar 4.6 diatas, Efisiensi penggunaan daya selalu menurun yang diakibatkan oleh kerusakan *bearing*. Pada *bearing* dalam kondisi bagus tingkat efisiensi sebesar 85,7% (Tanpa Beban), dan 85,4% (Dengan Beban), sedangkan pada bantalan dengan kerusakan pada *Inner Race* dan *Outer Race* tingkat efisiensi sebesar 72,7% (Tanpa Beban), dan 71,6% (Dengan Beban).

#### 6. Pengukuran THD<sub>i</sub>

Tabel 4. 5 Hasil pengukuran THD<sub>i</sub>

KONDISI BEARING	THD <sub>i</sub> (%)	
	TANPA BEBAN	DENGAN BEBAN
Bearing Bagus	2,85	3,04
Kerusakan Inner Race	3,38	4,02
Kerusakan Outer Race	3,53	3,93
Kerusakan Inner & Outer Race	4,25	4,73

Dapat dilihat pada tabel diatas merupakan hasil pengukuran THD<sub>i</sub> dengan hasil pada saat kondisi bearing bagus nilai THD<sub>i</sub> 2,85% (Tanpa Beban), dan 3,04% (Dengan Beban), sedangkan ppada kerusakan di bagian Inner Race dan Outer Race nilai THD<sub>i</sub> yaitu 4,25% (Tanpa Beban), dan 4,73% (Dengan Beban).

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian terkait rumusan masalah dan tujuan masalah mengenai performa motor induksi 3 fasa saat terjadi kerusakan *bearing* (khususnya dalam pengukuran kecepatan, suhu, arus, tegangan, daya), maka kesimpulan penelitian sebagai berikut:

1. Pada saat terjadi kerusakan *bearing* di sisi *inner race* maka terdapat penurunan kecepatan sebesar 1.3%, peningkatan suhu sebesar 6.6%, kenaikan arus sebesar 3.4%, kenaikan tegangan sebesar 1.5%, dan tingkat efisiensi daya yang diserap sebesar 79.1%.
2. Pada saat terjadi kerusakan *bearing* di sisi *outer race* maka terdapat penurunan kecepatan sebesar 1.5%, peningkatan suhu sebesar 7.9%, kenaikan arus sebesar 3.4%, kenaikan tegangan sebesar 1.6%, dan tingkat efisiensi daya yang diserap sebesar 78%.
3. Pada saat terjadi kerusakan *bearing* di sisi *inner race* dan *outer race* maka terdapat penurunan kecepatan sebesar 3.1%, peningkatan suhu sebesar 14.8%, kenaikan arus sebesar 5.9%, kenaikan tegangan sebesar 2.3%, dan tingkat efisiensi daya yang diserap sebesar 72.7%.

## Kontribusi Penulis

Adapun peran kami yang terlibat dalam proses penulisan artikel ilmiah ini adalah sebagai berikut

Penulis 1 melakukan konseling kepada penulis 2, dan 3 dalam pembentukan konsep, tempat penelitian, membimbing, mengarahkan, dan mengevaluasi dalam proses pembuatan artikel serta metodologi penelitian yang digunakan. Perangkat atau alat yang digunakan dalam pengukuran maupun validasi dalam penelitian antara lain: *clampmeter, tachometer, thermogun, cosphimeter, amperemete, voltmeter*. Kerusakan *bearing* diklasifikasikan menurut posisinya dengan kerusakan *inner race* atau *outer race*. Persiapan draft asli dirancang penulis dan dievaluasi kembali oleh pembimbing akademik. Pada proses penulisan dilakukan oleh penulis 1, dan ditinjau kembali oleh penulis 2, dan 3 untuk diedit kembali jika ada kekurangan penulisan. Pendanaan penelitian murni tanpa adanya sponsor.

## Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan banyak rasa syukur kepada Allah SWT, karena dengan berkat dan karunia-Nya, Tugas Akhir yang berjudul "**Analisis Performa Motor Induksi 3 Fasa Saat Terjadi Kerusakan Bearing**" telah berhasil diselesaikan. Penulisan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak, sehingga penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Mulyanto Nugroho, MM. CMA. CPA selaku Rektor Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya yang telah memberikan kesempatan penulis untuk menempuh pendidikan di Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
2. Puji Slamet, S.T., M.T. selaku Ka. Prodi Teknik Elektro 17 Agustus 1945 Surabaya sekaligus pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk melakukan bimbingan agar proposal tugas akhir ini dapat terlaksana dengan baik
3. Reza Sarwo Widagdo, S.Tr.T., M.T. selaku Ka. Laboratorium Elektronika 17 Agustus 1945 Surabaya (sistem tenaga) yang telah memberikan izin daripada

tempat pengumpulan data sehingga tugas akhir dapat terlaksana dengan mudah, sekaligus berperan sebagai pembimbing yang sabar serta bersedia meluangkan waktu kepada penulis

4. Seluruh dosen dan staff di lingkungan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya yang turut membantu dalam penyediaan fasilitas belajar serta bimbingan.

## Referensi

- [1] B. Majid, S. Nisworo, and A. Trihasto, "Studi Transien Motor Induksi 3 Fasa Rotor Sangkar Kapasitas 2300V 700 Hp Pada Pt. Pertamina Ru Iv Cilacap," *Theta Omega J. ...*, pp. 14–20, 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.untidar.ac.id/index.php/thetaomega/article/view/5512>.
- [2] M. Amir and A. I. Firdaus, "Studi Analisis Pengaruh Harmonisa Akibat Penggunaan Variable Speed Drive Pada Motor Induksi Tiga Fasa," *Sinusoida*, vol. 19, no. 2, pp. 20–29, 2018, doi: 10.37277/s.v19i2.158.
- [3] N. Irwansyah, A. Triyanto, and A. Sunardi, "Studi Pengaruh Harmonisa Terhadap Motor Induksi 3 Fasa Dengan Software Labview," *Epic J. Electr. Power Instrum. Control*, vol. 3, no. 2, p. 196, 2021, doi: 10.32493/epic.v3i2.5635.
- [4] A. D. Rochman, G. Budiono, and R. S. Widagdo, "Analisa Kestabilan Transien Pada Jaringan Listrik 150KV Di Gardu Induk Waru," vol. 1, no. 3, 2023.
- [5] A. Sutarna and N. P. Sari, "w," pp. 947–954, 2017.
- [6] F. Husniah, "Analisis Total Harmonic Current Distortion pada Motor Induksi 3 Fasa," *Inst. Teknol. Sepuluh Nop. Surabaya*, 2016, [Online]. Available: <https://repository.its.ac.id/41515/>.
- [7] F. A. Fidaiyu, W. Sulistiani, D. Mahastuti, F. Psikologi, and U. H. Tuah, "Prosiding Temu Ilmiah Nasional (TEMILNAS XII) Ikatan Psikologi Perkembangan Indonesia Hubungan antara Kontrol Diri dan Harga Diri dengan Perilaku Konsumtif pada Mahasiswa Fakultas Psikologi Universitas Hang Tuah Surabaya," *Pros. Temu Ilm. Nas. (TEMILNAS XII)*, no. Temilnas Xii, pp. 32–39, 2019, [Online]. Available: <https://ojs.unm.ac.id/Temilnas/article/view/20012/0>.
- [8] I. G. P. Yudiastawan, "Deteksi Kerusakan Bearing Dan Eccentricity Pada Motor Induksi Tiga Fasa Dengan Current Signature Analysis," vol. 1, pp. 1–91, 2009.
- [9] M. Hurairah, "Analisis Kedip Tegangan Akibat Pengasutan Motor Induksi 3 Fasa Di Pt. Pertamina Ramba Menggunakan Program Matlab," *J. Surya Energy*, vol. 3, no. 1, p. 242, 2018, doi: 10.32502/jse.v3i1.1267.
- [10] L. Hakim, "Analisa Kerusakan Motor Induksi 3 Fasa 75 Kw Pada Water Cooling Pump Dengan Metode Mca (Motor Currentsignature Analysis) Unit Blok 2 Pt Indonesia Power Pgu Semarang," *Univ. Semarang*, pp. 0–106, 2021.
- [11] P. Magister, B. Keahlian, T. Sistem, J. T. Elektro, and F. T. Industri, "IDENTIFIKASI KERUSAKAN BEARING MOTOR INDUKSI BERDASARKAN KARAKTERISTIK ARUS STATOR DENGAN METODE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK BEARING FAULT IDENTIFICATION OF INDUCTION MOTOR BASED ON STATOR CURRENT CHARACTERISTICS USING ARTIFICIAL NEURAL," 2016.