MONITORING KONDISI *BEARING* MOTOR INDUKSI PADA KONDISI *STRONG NOISES INTERFERENCE*

Talia Dikka Lalak Rakasiwi Inarotaly[1]*, Istiyo Winarno[2], Iradiratu Diah Prahmana Karyatanti[3]
[1]Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan,
Universitas Hang Tuah Surabaya, Indonesia
[2, 3]Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan,
Universitas Hang Tuah Surabaya, Indonesia
[3]Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan,
Universitas Hang Tuah Surabaya, Indonesia

ABSTRACT

Motor induksi tiga fasa memegang peran penting dalam industri sebagai penggerak utama dalam proses produksi, namun kerentanannya terhadap kerusakan, terutama pada *bearing*, sehingga memerlukan solusi monitoring kondisi yang efektif. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem monitoring kondisi *bearing* pada motor induksi menggunakan analisis sinyal suara, dengan penerapan *Short Time Fourier Transform (STFT)* untuk fitur ekstraksi dan analisis spektrum untuk menentukan status monitoring kondisi *bearing*. Pendekatan ini diharapkan dapat mengatasi kelemahan metode konvensional yang sensitif terhadap kebisingan sekitar, dengan mempertimbangkan nilai *Signal to Noise Ratio (SNR)* untuk meningkatkan akurasi pengukuran. Penelitian ini mengusulkan penggunaan *STFT* sebagai solusi yang lebih baik untuk mengatasi masalah o*verlapping* sinyal dan kebisingan. Hasil penelitian ini diharapkan dapatmemberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi monitoring kondisi *bearing* motor induksi, khususnya dalam menghadapi tantangan kebisingan lingkungan yang kuat, sehingga meningkatkan keandalan dan efisiensi operasional motor induksi sebagai penggerak utama industri.

Kata Kunci: Motor Induksi, Monitoring Kondisi, Sinyal Suara, *Short Time Fourier Transform, Signal to Noise Ratio*

ABSTRACT

Three-phase induction motors play an important role in industry as the main driver in the production process, but they are susceptible to damage, especially to bearings, so they require an effective condition monitoring solution. This research aims to develop a bearing condition monitoring system for induction motors using sound signal analysis, with the application of Short Time Fourier Transform (STFT) for feature extraction and spectrum analysis to determine the status of bearing condition monitoring. This approach is expected to overcome the weakness of conventional methods which are sensitive to ambient noise, by considering the Signal to Noise Ratio (SNR) value to increase measurement accuracy. This research proposes the use of STFT as a better solution to overcome the problem of overlapping signals and noise. It is hoped that the results of this research can contribute to the development of induction motor bearing condition monitoring technology, especially in facing the challenge of strong environmental noise, thereby increasing the reliability and operational efficiency of induction motors as the main driver of industry.

Keywords*: Induction Motors, Condition Monitoring, Sound Signals, Short Time Fourier Transform, Signal to Noise Ratio*

1. PENDAHULUAN

Motor induksi tiga fasa adalah sebuah perangkat elektromagnetis yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor induksi terbagi menjadi dua

berdasarkan jumlah fasanya, yaitu motor induksi satu fasa dan motor induksi tiga fasa. Penggunaan motor induksi tiga fasa banyak digunakan pada dunia industri dikarenakan motor induksi tiga fasa memiliki beberapa keunggulan dibanding jenis motor listrik yang lain [1]. Pada industri, pengunaan motor induksi tiga fasa digunakan sebagai penggerak utama suatu proses produksi untuk menunjang berbagai sistem produksi. Pada dasarnya, kerusakan motor induksi merupakan keadaan sistem yang menyimpang dari keadaan normal, dimana keadaan ini dapat mengakibatkan terganggunya kinerja dari kerja motor itu sendiri [2]. Hampir sekitar 41-44% kerusakan pada motor induksi terjadi pada *bearing. Bearing* adalah komponen motor induksi yang membantu rotor supaya bisa bergerak secara bebas. Kerusakan *bearing* sendiri dapat menyebabkan terjadinya vibrasi, *noise* (bising), peningkatan suhu kerja, juga timbulnya bunga api yang dapat menyebabkan kerusakan pada bagian motor induksi yang lain [3]. Kerusakan pada bagian motor harus diantisipasi dengan melakukan monitoring kondisinya secara kontinyu.

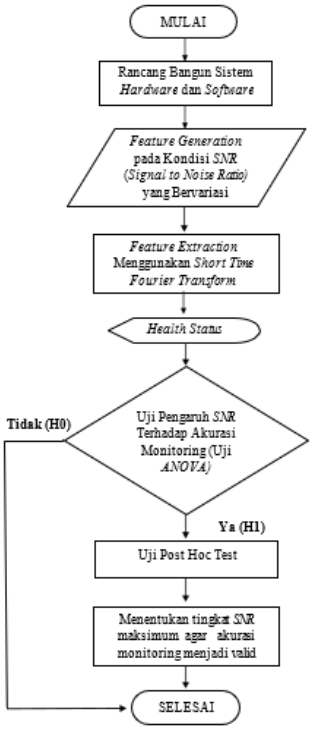
Monitoring kondisi dapat dilakukan dengan berbagai macam teknik, diantaranya yakni teknik *invasive* dan *non-invasive.* Teknik *non-invasive* memberikan keuntungan yaitu tidak memerlukan kontak langsung pada bagian motor yang akan dimonitoring. Monitoring kondisi dari temperatur, getaran dan juga suara merupakan bagian dari teknik *non-invasive*, sedangkan monitoring kondisi yang berasal dari data arus termasuk dalam kategori teknik *invasive* [4]. Diketahui bahwa monitoring kondisi berdasarkan arus cocok digunakan untuk monitoring kondisi bagian yang teraliri arus saja yakni rotor dan juga stator. Namun demikian, teknik monitoring kondisi berdasarkan arus memberikan keuntungan keandalan yang tinggi karena tidak mudah terkontaminasi dengan sinyal lain [5]. Sedangkan untuk monitoring kondisi dari temperatur mudah diimplementasikan untuk semua tipe kerusakan *electrical* dan *mechanical*, akan tetapi teknik ini cenderung mahal di harga dan butuh waktu yang lama untuk mengambil data berikutnya. Sumber data untuk monitoring kondisi yang akhir-akhir ini banyak dikembangkan menggunakan sinyal getaran. Teknik ini cocok digunakan untuk kerusakan tipe *mechanical* dengan penerapan *fiture extraction* menggunakan *FFT (Fast Fourier Transform)* [6]. Monitoring kondisi yang menawarkan harga murah adalah monitoring kondisi menggunakan sinyal suara. Karena hanya dibutuhkan sebuah mikrofon untuk menangkap sinyal suara yang kemudian diolah untuk mengetahui kondisi dari motor induksi [7]. Kelemahan monitoring berdasarkan sinyal suara adalah sinyal suara sangat sensitif terhadap kebisingan suara sekitar.

Berdasarkan penelitian referensi maka pada penelitian ini akan dikembangkan menggunakan sinyal suara sebagai *feature generation* juga sebagai pemberi informasi

kondisi pada *bearing* motor induksi. *Feature extraction* mengaplikasikan *Short Time Fourier Transform (STFT)* sebagai algoritma pengolahan sinyal suara. *Feature Extraction* mengaplikasikan *Short Time Fourier Transform (STFT)* akan digunakan sebagai pendekatan algoritma pengolahan sinyal karena sifat sinyal suara yang non linier. Dikarenakan sinyal suara mudah *overlapping*, maka pada penelitian ini nantinya akan dikembangkan monitoring kondisi *bearing* motor dengan mempertimbangkan *Signal to Noise Ratio (SNR)* yang tinggi. *SNR* merupakan Perbandingan *(ratio)* antara kekuatan sinyal *(signal strength)* dengan kekuatan derau (*noise level).* Nilai *SNR* dipakai untuk menunjukkan kualitas jalur (medium) koneksi. Makin besar nilai *SNR*, makin tinggi kualitas jalur tersebut [8]. Diharapkan dari penelitian ini nantinya akan bisa digunakan untuk memonitoring kondisi *bearing* pada kondisi *Strong Noise* yang dilengkapi dengan pengembangan *Signal to Noise Ratio (SNR)* yang tinggi agar didapatkan keakuratan monitoring kondisi *bearing* motor induksi.

2. METODE PENELITIAN

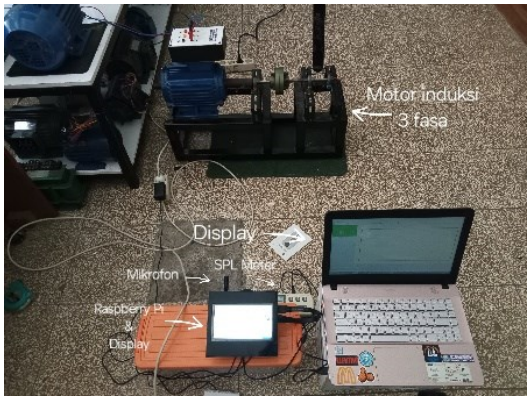
Pada metode penelitian ini akan disajikan dalam bentuk flowchart penelitian, Adapun flowchart penelitian sebagai berikut:



Gambar 1. Flowchart Penelitian

2.1. Perancangan Hardware

Penelitian dimulai dengan merancang perangkat keras untuk sistem monitoring secara real-time. Perangkat yang digunakan antara lain adalah motor induksi 3 fasa, raspberry pi, mikrofon, sound power level meter dan peralatan kondisi noise. Berikut merupakan gambar rancangan alat pada penelitian ini:



Gambar 2. Hardware Monitoring Kondisi

2.2. Pengkondisian SNR yang Bervariasi

Tahapan ini dilakukan dengan pengambilan data suara yang bervariasi, kemudian ditentukan seberapa tinggi frekuensi dan amplitudenya untuk mencari SNR paling akurat. Hal yang menjadi patokan adalah frekuensi dan amplitude dari motor induksi 3 fasa kondisi normal tanmpa noise. Kemudian data ini dihitung berapa SNR nya dan dilakukan pengambilan data dengan menyalakan suara dari sumber suara yang bervariasi bersamaan dengan menyalanya motor induksi 3 fasa yang dipakai sebagai obyek untuk memonitoring kondisi bearing. Untuk mengetahui hasil perjitungan SNR maka diperlukan rumus di bawah ini:

SNR= 10 × log10 RMS Signal / RMS Noise

Dengan:

SNR : Signal to noise ratio

$RMSSignal$: Root mean square dari sinyal

$RMSNoise$: Root mean square dari noise

2.3. Pembebanan Motor

Pada monitoring kondisi bearing motor induksi 3 fasa akan dilakukan pengujian pada dua kondisi yaitu pada saat kondisi motor induksi 3 fasa tidak berbeban apapun (0 Newton) dan pada keadaan motor induksi 3 fasa berbeban (100 Newton). Pembebanan pada motor induksi 3 fasa ini dilakukan dengan cara membuat pengereman secara mekanik.

Gambar 3. Pembebanan Motor

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Hasil dan Pembahasan ini berisi perhitungan nilai SNR pada setiap kondisi noise, hasil monitoring kondisi *bearing* dan hasil uji statistik ANOVA.

3.1 Besaran *SNR* 59,46 dBA

Tabel 1. Hasil Perhitungan *SNR* pada Kondisi Motor Berbeban

BESARAN SNR	BESARAN NOISE	KONDISI NOISE
68,50 dBA	85,94 dBA	Gerinda
70,46 dBA	84,75 dBA	Bor Listrik
60,91 dBA	91,1 dBA	Generator
98,32 dBA	76.44 dBA	Motor induksi non uji

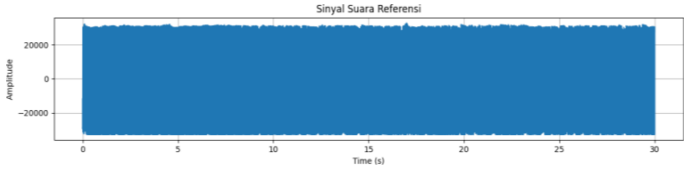
3.2 Besaran *SNR* 61,31 dBA

Tabel 2. Hasil Perhitungan *SNR* pada Kondisi Motor Berbeban

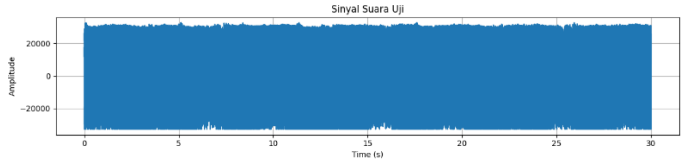
BESARAN SNR	BESARAN NOISE	KONDISI NOISE
59,46 dBA	92,26 dBA	Gerinda
66,02 dBA	87,72 dBA	Bor Listrik
79,62 dBA	91,16 dBA	Generator
90,32 dBA	74,85 dBA	Motor induksi non uji

Pada pengambilan data SNR dilakukan dengan 5 variabel kondisi noise, dan 5 kali pengulangan data akan tetapi yang ditampilkan di sini hanya 1 variabel dan 1 data saja

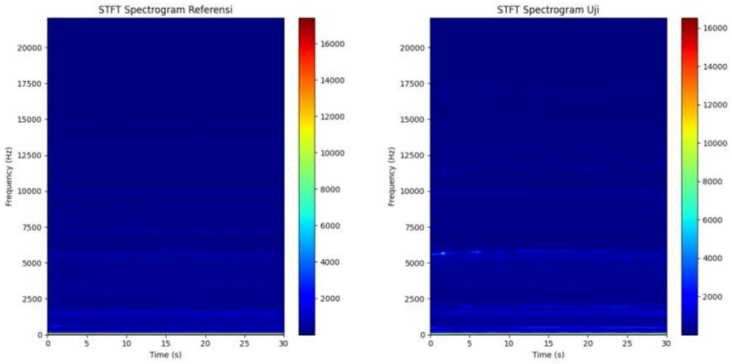
Hasil Monitoring Kondisi Bearing



Gambar 1 Sinyal Suara Referensi



Gambar 2 Sinyal Suara Uji



Gambar 3 Spektogram STFT Referensi dan Uji

Tabel 3 Hasil monitoring Kondisi Bearing pada SNR 59,46-61,31 dBA pada Outer

PENGUJIAN TINGKAT KEBISINGAN	NO	FREKUENSI BEARING	BEARING UJI (OUTER)		AKURASI
DATA 1			REF	UJI	
SNR 59,46-61,31 dBA	1	37,159	83,73	82,99	0
	2	74,319	79,00	79,70	1
	3	111,478	63,38	66,91	1
	4	148,638	63,38	66,91	1
	5	185.798	62,65	66,65	1
	6	222,957	51,85	56.94	1
	7	260,117	52,18	57,03	1
	8	297,277	50,07	53,42	1
	9	328,437	55,45	58,63	1
	10	359,947	71,67	79,21	1
					9
					90%

Tabel 4 Hasil monitoring Kondisi Bearing pada SNR 59,46-61,31 dBA pada Inner

PENGUJIAN TINGKAT KEBISINGAN	NO	FREKUENSI BEARING	BEARING UJI (INNER)		AKURASI
DATA 1			REF	UJI	
SNR 59,46-61,31 dBA	1	37,159	79,70	66,65	0
	2	74,319	62,65	54,02	0
	3	111,478	49,00	62,71	1
	4	148,638	41,66	51,60	1
	5	185.798	37,15	49,78	1
	6	222,957	36,70	51,13	1
	7	260,117	35,15	51,74	1
	8	297,277	40,40	55,83	1
	9	328,437	41,64	82,99	1
	10	359,947	83,73	89,00	1
					8
					80%

Pada Tabel 3 dan 4 hasil pengujian akurasi diagnosis berjumlah 10 titik, notasi 1 merupakan hasil diagnosis yang akurat dan notasi 0 yang tidak akurat. Perhitungan presentase akurasi diagnosis untuk kondisi *outer race bearing* retak rambut adalah sebagai berikut:

Keberhasilan Monitoring Kondisi *outer race bearing:* 90%

Keberhasilan Monitoring Kondisi *inner race bearing:* 80%

Pada pengujian data ke- 2 sampai dengan ke- 5 kerusakan *outer race* (korosi) dan *inner race* (lubang) dilakukan pengujian hingga mendapat presentase monitoring kondisi *bearing* dengan variabel kondisi *SNR* 59,46-61,31 dBA ditunjukkan pada Tabel 5

Tabel 5 Rata-rata hasil akurasi monitoring kondisi *bearing*

PENGUJIAN	%MONITORING KONDISI					
	DATA 1	DATA 2	DATA 3	DATA 3	DATA 5	RATA-RATA
1. *Outer race bearing*	90%	100%	80%	90%	90%	90%
2. *Inner race bearing*	80%	100%	100%	100%	100%	96%

Berdasarkan dari hasil perhitungan validasi keberhasilan akurasi monitoring kondisi *bearing* kerusakan *outer race bearing* (korosi) mendapatkan hasil nilai rata-rata 90% untuk data ke- 1 sampai dengan data ke- 5 sampel data yang sudah diambil. Dan untuk hasil perhitungan validasi keberhasilan akurasi monitoring kondisi *bearing* dengan kerusakan *inner race bearing* (retak) mendapatkan hasil nilai rata-rata 96%. Dari pengujian tersebut dapat diasumsikan bahwa monitoring kondisi *bearing* dapat dilakukan pada kondisi ruangan dengan SNR 50-60 Dba

Hasil Uji Statistik ANOVA

Berdasarkan hasil uji ANOVA yang telah dilakukan, diperoleh nilai F dan nilai p-value yang mengindikasikan bahwa perbedaan antar rata-rata kelompok tidak signifikan. Dengan nilai p-value yang lebih besar dari tingkat signifikansi α 0,05 yaitu sebesar 0,94 maka dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara rata-rata kelompok yang diuji. Hal ini menunjukkan bahwa variabel yang diuji yaitu kondisi kebisingan *(noise)* tidak memberikan pengaruh yang cukup saat monitoring kondisi *bearing* motor induksi menggunakan analisa sinyal suara, untuk membedakan rata-rata kelompok secara statistik. Hasil dari uji ANOVA dapat dilihat pada gambar 7.

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
KONDISI KEBISINGAN	3	60,00	20,00	0,70	0,568
Error	16	460,00	28,75		
Total	19	520,00			

Gambar 4. Hasil Uji Statistik ANOVA

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menguji sistem monitoring kondisi bearing motor induksi menggunakan metode short time Fourier transform pada kondisi kebisingan yang kuat. Dalam pengujian menggunakan Raspberry Pi 3 Model B dan mikrofon sebagai sensor, didapatkan hasil bahwa sistem ini dapat mendeteksi kerusakan bearing secara real-time. Pengujian dilakukan pada 5 data suara dari kondisi kerusakan outer race bearing (korosi) dan inner race bearing lubang dengan 4 variasi kondisi SNR. Hasil menunjukkan akurasi tinggi pada kondisi noise, dengan rata-rata akurasi monitoring kondisi bearing sebesar 88% untuk outer race dan 95% untuk inner race. Kebisingan dari white noise tidak mempengaruhi hasil monitoring karena sumber suara lain memiliki frekuensi yang berbeda dari frekuensi motor induksi. Dengan demikian, monitoring kondisi bearing dapat dilakukan baik dalam kondisi senyap maupun bising

DAFTAR PUSTAKA

[1] W. Inayati And M. Effendy, "Identifikasi Kerusakan Outer Race Bearing…," *Journal Of Mechatronic And Electrical Engineering*, Vol. 1, No. 1, Pp. 8–18, 2021.

[2] M. Sinyal *Et Al.*, "Cyclotron : Jurnal Teknik Elektro".

[3] M. Abduh, I. Dpk, And B. Yan Dewantara, "Deteksi Kerusakan Outer Race Bearing Pada Motor Induksi Melalui Analisa Arus Stator Menggunakan Metode Fast Fourier Transform (Fft)," 2019.

[4] U. Ali, R. Hafiz, T. Tauqeer, U. Younis, W. Ali, And A. Ahmad, "Towards Machine Learning Based Real-Time Fault Identification And Classification In High Power Induction Motors," In *2020 5th International Conference On Robotics And Automation Engineering, Icrae 2020*, Institute Of Electrical And Electronics Engineers Inc., Nov. 2020, Pp. 46–53.

[5] O. Alshorman *Et Al.*, "Sounds And Acoustic Emission-Based Early Fault Diagnosis Of Induction Motor: A Review Study," *Advances In Mechanical Engineering*, Vol. 13, No. 2. Sage Publications Inc., 2021.

[6] Y. Li, G. Cheng, And C. Liu, "Research On Bearing Fault Diagnosis Based On Spectrum Characteristics Under Strong Noise Interference," *Measurement (Lond)*, Vol. 169, Feb. 2021.

[7] I. Dpk Teknik Elektro, B. Yan Dewantara Teknik Elektro, And A. Misfakul Janudin Teknik Elektro, "Deteksi Kerusakan Inner Race Bearing Menggunakan Motor Current Signature Analysis Berbasis Fast Fourier Transform", [Online]. Available: Http://Journal.Trunojoyo.Ac.Id/Triacs.

[8] U. Widya Astuti, S. Ir Gamantyo Hendrantoro, And I. Achmad Mauludiyanto, "Performance Evaluation Of High Frequency Space Wave Communication System With Cooperative Selection Diversity Combining."