

MONITORING KERUSAKAN *BALL BEARING* MOTOR INDUKSI MELALUI SINYAL SUARA SECARA *REALTIME* BERBASIS *SHORT TIME FOURIER TRANSFORM*

Muh.wahyul¹, Iradiratu Diah², Istiyo Winarno³

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan ilmu kelautan, Universitas Hang Tuah Surabaya,
Jl. Arief Rachman Hakim No. 150, Keputih, Sukolilo, Kota Surabaya, Jawa Timur 6011

ABSTRAK

Motor induksi merupakan perangkat mesin listrik yang menggunakan prinsip elektromagnetik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, motor induksi memiliki beberapa kelebihan, yang diantaranya mempunyai konstruksi yang sederhana, harganya relatif lebih murah dan perawatannya yang sederhana, salah satu jenis kerusakan yang sering ditemui pada motor induksi ini adalah kerusakan pada bearing yang Hampir 41-44%. Penelitian ini akan melakukan deteksi kerusakan bearing khususnya pada ball bearing melalui motor induksi 3 fasa, deteksi kerusakan melalui sinyal suara secara realtime menggunakan raspberry pi dengan metode short time fourier (STFT). STFT adalah suatu metode yang digunakan untuk mendapatkan karakteristik frekuensi dari suatu sinyal. Adapun komponen-komponen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu motor induksi 3 fasa, mikrofon sebagai pengambilan data sinyal suara, raspberry pi sebagai pengolah data suara. Hasil penelitian kerusakan pada bearing terdeteksi valid karna persentase dari setiap keakurasian menunjukkan 100%, dengan ini metode STFT baik dalam menganalisis kerusakan bearing motor induksi melalui sinyal suara.

Kata kunci: Motor induksi, sinyal suara, short time fourier transform, realtime

ABSTRACT

An induction motor is an electric machine device that uses electromagnetic principles to convert electrical energy into mechanical energy. is the damage to the bearing which is almost 41-44%. This research will detect bearing damage, especially ball bearings through 3-phase induction motors, damage detection through sound signals in real time using raspberry pi with the short time fourier (STFT) method. STFT is a method used to obtain the frequency characteristics of a signal. The components used in this study are a 3-phase induction motor, a microphone as voice signal data retrieval, raspberry pi as a voice data processor. The results of the research on damage to the

bearings are detected to be valid because the proportion of each accuracy shows 100%, with this method STFT is good at analyzing damage to induction motor bearings through sound signals.

Keywords: *Induction motor, sound signal, short time fourier transform, realtime*

1. PENDAHULUAN

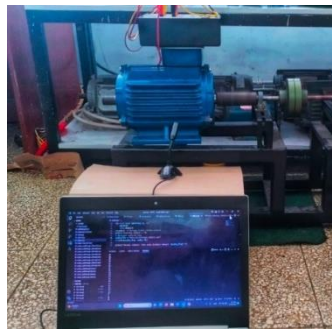
Motor induksi merupakan perangkat mesin listrik yang menggunakan prinsip elektromagnetik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik kemudian energi mekanik tersebut dimanfaatkan sebagai tenaga penggerak pada berbagai mesin, misalnya untuk menggerakkan roda impeller pada pompa, kompresor, crane, generator dan lainnya. Motor induksi 3 fasa banyak digunakan di dunia industry. Hal ini dikarenakan motor induksi memiliki beberapa kelebihan, diantaranya mempunyai konstruksi yang sederhana, harganya relatif lebih murah dan perawatan yang sederhana (Achmad Widodo, 2015), salah satu jenis kerusakan terbesar yang sering ditemui pada motor induksi ialah kerusakan pada bearing yang hampir sekitar 41-44%. Kerusakan pada *bearing* biasanya disebabkan karena kurang pelumasan, korosi, dan kelebihan beban *couple* (mekanis). Sehingga menyebabkan terjadinya getaran (*vibrasi*), bising (*noise*), panas (peningkatan suhu), dan munculnya bunga api yang nantinya akan menyebabkan kerusakan yang merambat pada bagian motor induksi yang lain (Abduh, D.P.K and Dewantara, 2019).

Pada penelitian sebelumnya menggunakan metode Fast Fourier Transform (FFT). FFT merupakan suatu algoritma yang digunakan untuk merepresentasikan sinyal dalam domain waktu diskrit dan domain frekuensi (Sujadi et al.,2017). Kemudian FFT dikembangkan menjadi suatu metode yang baru yaitu Short Time Fourier Transform (STFT). STFT merupakan suatu metode yang digunakan untuk mendapatkan karakteristik frekuensi dari suatu sinyal. STFT merupakan algoritma transformasi pengembangan dari FFT untuk mentransformasikan sinyal non- stationer (sinyal bergerak). STFT juga dikenal sebagai metode analisa time- frequency (Baba, 2012). Metode ini memiliki keunggulan dari pada FFT yaitu STFT dapat menampilkan perubahan pada frekuensi berdasarkan waktu dimana perubahan frekuensi dari satuan waktu sangat di butuhkan ketika melakukan analisa terhadap noise reduction, sehingga yang digunakan adalah metode STFT.

2. METODE PENELITIAN

A. Tahap Penelitian

Penelitian ini akan membahas pengujian yang dilakukan secara realtime dengan pengambilan data sinyal suara melalui mikrofon langsung dari motor induksi. Pengujian ini menggunakan beberapa komponen peralatan antara lain sumber AC 3 fasa, motor induksi 3 fasa, sensor suara (microphone), pengolah data suara (raspberry). Sumber AC 3 fasa akan menyuplai motor induksi untuk beroperasi, setelah motor induksi 3 fasa beroperasi diberikan beberapa pengujian yaitu pengujian bearing dengan kerusakan bervariasi dan pengujian motor berbeban/tanpa beban (no load). Suara motor induksi ditangkap oleh sensor suara berupa microphone. Kemudian data sinyal suara akan diolah menggunakan algoritma Short Time Fourier Transform yang telah di program pada raspberry pi. kemudian hasil pengolahan sinyal suara tersebut dapat ditampilkan di dispay melalui layar lcd. Layar Lcd akan menampilkan data berupa grafik sinyal frekuensi dan hasil monitoring kondisi sehat dan rusak.



Gambar 1 Konfigurasi Sistem Monitoring *Bearing*

Gambar 1 menunjukkan monitoring pengujian yang dilakukan pada bearing untuk mengidentifikasi kerusakan pada bagian bearing melalui sinyal suara, penelitian ini melakukan pengujian pada ball bearing hilang 1 dan ball bearing hilang 2 dan pemberian beban mekanik berupa timbal

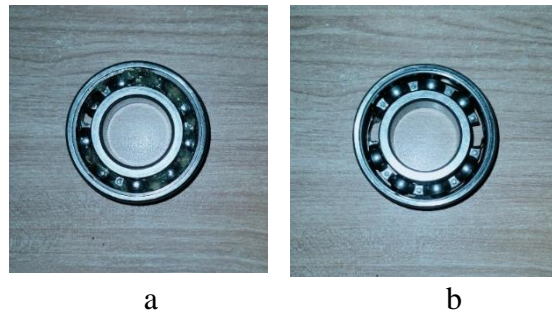
B. Pengkondisian kerusakan Bearing

Rekonstruksi bearing ini dilakukan dengan merusak komponen ball bearing. Kerusakan dibuat dengan menghilangkan salah satu ball bearing. Variasi rekonstruksi dilakukan untuk memvalidasi data penelitian agar hasil penelitian yang dilakukan akan lebih valid. Rekonstruksi dilakukan dengan beberapa variasi kerusakan, antara lain adalah kondisi ball

bearing hilang 1, dan ball bearing hilang 2. (Iradiratu Diah et al.,2022). Frekuensi ball bearing dengan parameter $Nb = 9$, $Db = 7.25$ mm, $\cos \alpha = \cos \cos 0^\circ = 1$, maka :

$$nm = \frac{1498.1}{60} = 24.9683 \text{ rev/sec dan } Dp = \frac{52 \text{ mm} + 25 \text{ mm}}{2}$$

$$\text{maka } fb = \frac{38.5}{14.5} \times 24.9683 \times \left(1 - \frac{7.25}{38.5} \times 1\right)^2 = 43.7 \text{ Hz}$$



Gambar 2 (a)Ball Bearing Hilang 1 dan (b)Ball Bearing Hilang 2

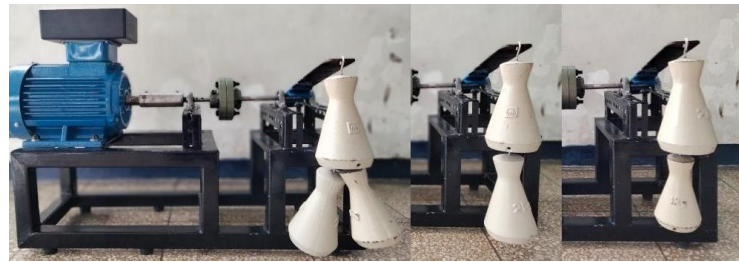
Perhitungan diatas telah diketahui bahwa frekuensi dari ball bearing yang akan diteliti yaitu berada pada frekuensi 43.7 Hz. Maka perhitungan frekuensi *Ball bearing* menggunakan frekuensi harmonic sebanyak 8 kali dengan data frekuensi sebagai berikut :

Tabel 1 Frekuensi harmonic *Ball bearing*

Frekuensi Harmonic	Frekuensi Ball (Hz)
$fx1$	43.7
$fx2$	87.4
$fx3$	131.1
$fx4$	174.8
$fx5$	218.5
$fx6$	262.2
$fx7$	305.9
$fx8$	349.6

Pembebanan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengereman mekanik dengan memberikan beban torsi senilai 0 kg, dan 50 kg pada putaran motor. Pembebanan

pada sistem pengereman mekanik tersebut berupa beban dengan variasi kg. Bobot kg yang diberikan pada timbangan akan dikonversi menjadi satuan N dengan alat newton.

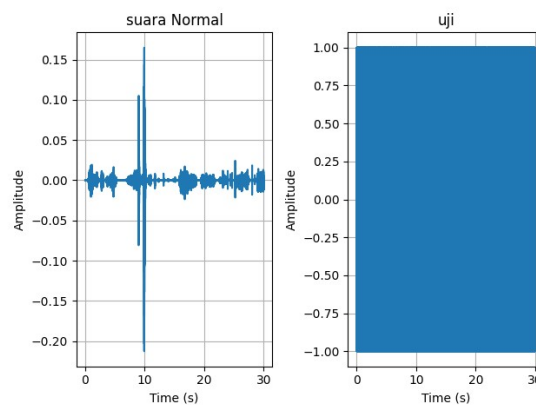


Gambar 3 Pembebanan Mekanik

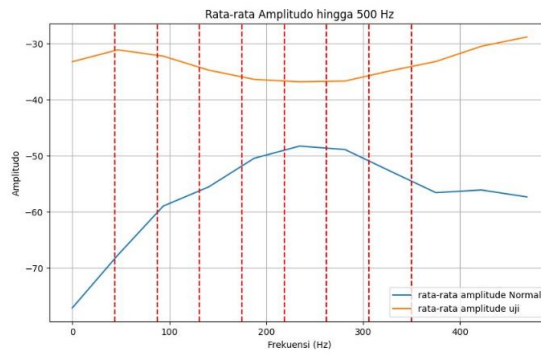
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini akan melakukan pengujian pada bearing normal untuk mendapat nilai amplitud di frekuensi 43.7-349.6 yang akan di jadikan sebagai nilai amplitud referensi kemudian melakukan pengujian bearing dengan kerusakan ball bearing hilang satu, dan ball bearing hilang dua, masing-masing pengujian kerusakan bearing diberikan beban mekanik diantaranya 0 newton, dan 50 newton untuk mendapatkan nilai amplitud yang akan di jadikan sebagai amplitud uji, jika terjadi lonjakan yang melebihi nilai amplitud referensi maka bearing tersebut terdeteksi rusak.

A. Pengujian bearing kerusakan ball bearing hilang 1



Gambar 4 Sinyal Suara



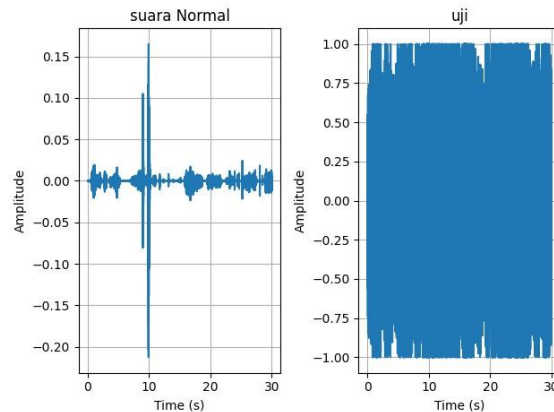
Gambar 5 Grafik Perbandingan

Gambar 4 menjelaskan hasil pengujian yang dilakukan pada bearing normal dan bearing dengan kerusakan ball hilang satu, pengujian tersebut dilakukan untuk mengetahui nilai amplitud pada bearing uji yang nantinya akan di bandingkan dengan nilai amplitud referensi, Gambar 5 menunjukkan hasil pengolahan dua sinyal suara diantaranya suara motor sehat yang berwarna biru dan suara motor rusak yang berwarna orange, grafik tersebut sudah ditetapkan frekuensi ball bearing yang nantinya akan dilihat perbandingan amplitud di setiap frekuensi. Kemudian nilai amplitud di setiap frekuensi yang sudah di dapatkan pada grafik tersebut akan ditunjukkan pada Tabel 2.

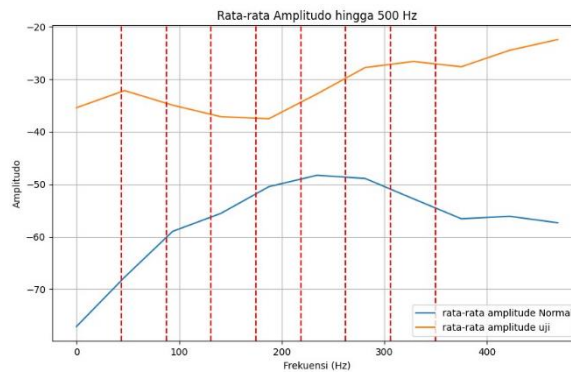
Tabel 2 Monitoring Kerusakan Ball Bearing Hilang 1

0 Nm						
DATA 1		BALL HILANG 1		HASIL DETEKSI		
		AMPLITUDE (dB)				
<i>fb</i>	FREKUENSI	referensi	pengujian	SEHAT	RUSAK	VALID
<i>fbx1</i>	43.7	-67.71	-31.13		1	1
<i>fbx2</i>	87.4	-58.97	-32.25		1	1
<i>fbx3</i>	131.1	-55.56	-34.75		1	1
<i>fbx4</i>	174.8	-50.46	-36.39		1	1
<i>fbx5</i>	218.5	-48.29	-36.83		1	1
<i>fbx6</i>	262.2	-48.9	-36.69		1	1
<i>fbx7</i>	305,9	-52.76	-34.86		1	1
<i>fbx8</i>	349,6	-52.76	-34.86		1	1
JUMLAH TERDETEKSI VALID						8
PERSENTASE KEAKURASIAN%						100

B. Pengujian Bearing Kerusakan Ball Bearing Hialng 2



Gambar 6 Sinyal Suara



Gambar 7 Grafik Perbandingan

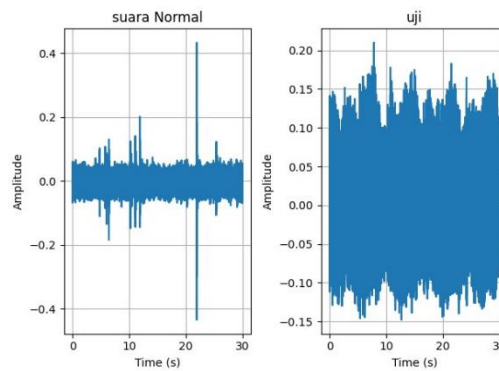
Gambar 6 menjelaskan hasil pengujian yang dilakukan pada bearing normal dan bearing dengan kerusakan ball hilang dua, pengujian tersebut dilakukan untuk mengetahui nilai amplitud pada bearing uji yang nantinya akan di bandingkan dengan nilai amplitud referensi, gambar 7 menunjukkan hasil pengolahan dua sinyal suara diantaranya suara motor sehat yang berwarna biru dan suara motor rusak yang berwarna orange, grafik tersebut sudah ditetapkan frekuensi ball bearing yang nantinya akan dilihat perbandingan amplitud di setiap frekuensi. Kemudian nilai amplitud di setiap frekuensi yang sudah di dapatkan pada grafik tersebut akan ditunjukan pada tabel 3.

Tabel 3 Monitoring Kerusakan Ball Bearing Hilang 2

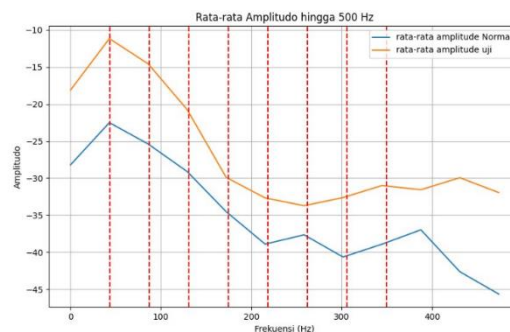
0 Nm						
DATA 1		BALL HILANG 2		HASIL DETEKSI		
		AMPLITUDE (dB)				
<i>fb</i>	FREKUENSI	referensi	pengujian	SEHAT	RUSAK	VALID
<i>fbx1</i>	43.7	-67.71	-32.16		1	1
<i>fbx2</i>	87.4	-58.97	-34.93		1	1
<i>fbx3</i>	131.1	-55.56	-37.13		1	1
<i>fbx4</i>	174.8	-50.46	-37.51		1	1
<i>fbx5</i>	218.5	-48.29	-32.79		1	1
<i>fbx6</i>	262.2	-48.9	-27.76		1	1
<i>fbx7</i>	305,9	-52.76	-26.61		1	1
<i>fbx8</i>	349,6	-52.76	-26.61		1	1
JUMLAH TERDETEKSI VALID						8
PERSENTASE KEAKURASIAN%						100

Gambar 8 menjelaskan hasil pengujian yang dilakukan pada bearing normal dan bearing dengan kerusakan ball hilang satu beban 30 newton, pengujian tersebut dilakukan untuk mengetahui nilai amplitud pada bearing uji yang nantinya akan di bandingkan dengan nilai amplitud referensi, Gambar 9 menunjukkan hasil pengolahan dua sinyal suara diantaranya suara motor sehat yang berwarna biru dan suara motor rusak yang berwarna orange, grafik tersebut sudah ditetapkan frekuensi ball bearing yang nantinya akan dilihat perbandingan amplitud di setiap frekuensi. Kemudian nilai amplitud di setiap frekuensi yang sudah di dapatkan pada grafik tersebut akan ditunjukkan pada Tabel 4.

C. Pengujian bearing kerusakan ball bearing hialng 1 beban 50 newton



Gambar 8 Sinyal Suara



Gambar 9 Grafik Perbandingan

Gambar 8 menjelaskan hasil pengujian yang dilakukan pada bearing normal dan bearing dengan kerusakan ball hilang satu beban 50 newton, pengujian tersebut dilakukan untuk mengetahui nilai amplitud pada bearing uji yang nantinya akan di bandingkan dengan nilai amplitud referensi, Gambar 9 menunjukkan hasil pengolahan dua sinyal suara diantaranya suara motor sehat yang berwarna biru dan suara motor rusak yang berwarna orange, grafik tersebut sudah ditetapkan frekuensi ball bearing yang nantinya akan dilihat perbandingan amplitud di setiap frekuensi. Kemudian nilai amplitud di setiap frekuensi yang sudah di dapatkan pada grafik tersebut akan ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 monitoring kerusakan ball bearing hilang 1 beban 50 newton

BEBAN 50 Nm						
DATA 1		BALL HILANG 1		HASIL DETEKSI		
		AMPLITUDE (dB)				
<i>fb</i>	FREKUENSI	referensi	pengujian	SEHAT	RUSAK	VALID
<i>fbx1</i>	43.7	-22.51	-11.17		1	1
<i>fbx2</i>	87.4	-25.4	-14.59		1	1
<i>fbx3</i>	131.1	-29.11	-20.77		1	1
<i>fbx4</i>	174.8	-34.52	-29.9		1	1
<i>fbx5</i>	218.5	-38.9	-32.67		1	1
<i>fbx6</i>	262.2	-37.64	-33.71		1	1
<i>fbx7</i>	305.9	-40.64	-32.62		1	1
<i>fbx8</i>	349.6	-38.91	-31		1	1
JUMLAH TERDETEKSI VALID						8
PERSENTASE KEAKURASIAN%						100

4. KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem deteksi kerusakan ball bearing menggunakan algoritma Short-Time Fourier Transform (STFT) sebagai algoritma pengolahan suara secara real-time, serta melakukan analisis frekuensi ball bearing dan menentukan akurasi deteksinya. Pada penelitian ini membuktikan bahwa monitoring kerusakan ball bearing motor induksi melalui sinyal suara secara realtime menggunakan metode STFT mampu mendeteksi kerusakan pada motor induksi dengan kerusakan ball bearing hilang 1 dan ball bearing hilang 2 dan pemberian beban mekanik berupa timbal. masing-masing kerusakan memiliki nilai amplitud yang melebihi nilai amplitud referensi sehingga pada pengujian ini, semua kerusakan pada bearing terdeteksi valid karna persentase dari setiap keakurasian menunjukkan 100%, dengan ini metode STFT baik dalam menganalisis kerusakan bearing motor induksi melalui sinyal suara.

DAFTAR PUSTAKA

Anggriawan Akbar, & Huda Febliil. (2018). Deteksi Kerusakan Motor Induksi Dengan Menggunakan Sinyal Suara. *Jom FTEKNIK*, 5(1), 1–7.

- C. -S. Chen, Y. -C. Ke, L. -M. Tam and S. -Y. Li, "A Smart Real-Time Monitoring System for Fault-Diagnosis of Ball-Bearing," 2019 IEEE International Conference on Consumer Electronics - Taiwan (ICCE-TW), Yilan, Taiwan, 2019, pp. 1-2, doi: 10.1109/ICCE-TW46550.2019.8991863.
- Deeb, M. et al. (2021) 'Three-phase induction motor short circuits fault diagnosis using MCSA and NSC', Proceedings of the 3rd 2021 International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering, REEPE 2021. doi: 10.1109/REEPE51337.2021.9388051.
- E. R. Purnamasari, I. Diah, and B. Y. Dewantara, "Monitoring Kondisi Ball Bearing Pada Motor Induksi Melalui Analisa Arus Stator Berbasis Wavelet Transform," Prosiding SNST ke-10 Tahun 2019 Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim 49, pp. 48–53, 2019
- Fathurrohman, M., Lambang G. H, R. L. and Susilo, D. D. (2019) 'Diagnosa Kerusakan Bantalan Bola Menggunakan Metode Support Vector Machine', *Mekanika: Majalah Ilmiah Mekanika*, 18(1), pp. 14–21. doi: 10.20961/mekanika. v18i1.35041.
- Inayati, W., Nurhadi, N., & Effendy, M. (2021). Identifikasi Kerusakan Outer Race Bearing Motor Pada Hoist Crane Menggunakan Metode Short Time Fourier Transform. *Journal of Mechatronic and Electrical Engineering*, Vol. 1(1), pp: 8-18, April 2021
- Karmakar, S. and Al., E. (2016) *Induction Motor Fault Diagnosis, ISATransactions*
- Karyatanti, Iradiratu Diah Prahmana; Zulkifli, Rafli Setiawan; Noersena, Ananda; Purnomo, Firsyaldo Rizky; Dewantara, Belly Yan; dkk. *Journal of Electrical and Electronics Engineering; Oradea* Vol. 15, Iss. 1, (May 2022): 33-38.
- Navasari, E. V. A. (2018) DETEKSI KERUSAKAN BEARING MOTOR INDUKSI DENGAN ANALISA ARUS STARTING MENGGUNAKAN TRANSFORMASI WAVELET.
- Q. Xiao, Z. Luo, and J. Wu, "Fault detection and diagnosis of bearing based on local wave time-frequency feature analysis," in Proc. 11th Int. Conf. Natural Comput. (ICNC), pp. 808-812, 2015