

MONITORING KONDISI BALL BEARING PADA MOTOR INDUKSI MELALUI ANALISA ARUS STATOR BERBASIS WAVELET TRANSFORM

**Eriza Rahayu Purnamasari*, Iradiratu Diah
dan Belly Yan Dewantara**

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan, Universitas Hang Tuah
Jl. Arief Rahman Hakim No. 150, Sukolilo, Surabaya 60111.

*Email: erizapurnama02@gmail.com

Abstrak

Kerusakan bearing adalah salah satu jenis kerusakan yang terjadi pada motor induksi yang dapat menyebabkan masalah serius, dan jika dibiarkan akan menyebabkan kerusakan pada komponen yang lainnya. Oleh karena itu, perlu adanya diagnosis atau pendeteksi awal untuk menanganinya agar dapat mengetahui dan segera dilakukan perbaikan sebelum terjadi gangguan yang lebih serius dan lebih besar lagi. Pada penelitian kali ini, akan dibahas mengenai teknik deteksi kerusakan ball bearing pada motor induksi dengan menggunakan analisis arus stator Dan system yang digunakan berbasis wavelet transform sebagai perangkat pengolah sinyal sehingga mampu untuk mendeteksi kondisi motor dalam keadaan stabil atau pun mengalami kerusakan.

Kata kunci : *Decomposition wavelet transform, kerusakan ball race bearing, motor induksi.*

1. PENDAHULUAN

Analisis sinyal arus merupakan metode yang handal dalam menemukan cacat pada mesin. Ada serangkaian metode pendukung yang digunakan untuk mengolah data sinyal arus dalam menganalisis cacat pada bearing. (Restu, 2018) Untuk menghindari hal tersebut perlu dilakukan pengawasan serta pengecekan secara rutin sehingga dapat mengetahui kondisi motor induksi tersebut, dengan begitu tingkat kerusakan dapat cepat terdeteksi. Metode yang digunakan adalah domain waktu, domain frekuensi, statistik sinyal dan transformasi wavelet. (Belly, 2017)

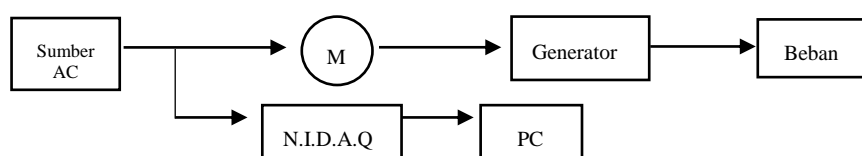
Kerusakan *Bearing* merupakan salah satu jenis kerusakan terbesar yang sering ditemui pada motor induksi. Hampir sekitar 41-44% kerusakan motor induksi terjadi pada bearing. *Bearing* merupakan komponen motor induksi yang membantu rotor agar dapat bergerak secara bebas. Kerusakan bearing dapat menyebabkan terjadinya vibrasi, *noise* (bising), peningkatan suhu kerja, dan timbulnya bunga api yang dapat menyebabkan kerusakan pada bagian motor induksi yang lain. Salah satu metode deteksi kerusakan bearing yang umum digunakan adalah metode analisis arus stator. (Heikal, 2014)

Pada penelitian kali ini menggunakan *Ball Bearing* sebagai alat analisa untuk mendeteksi kerusakan mendadak pada motor induksi 3 fasa menggunakan satu metode yaitu *Wavelet Transform*, dimana metode ini dapat mendeteksi kerusakan pada *Bearing* dengan mendekomposisikan sinyal. Serta menggunakan *Motor Current Signature Analysis* sebagai analisa arus pada penelitian kali ini. Dan diharapkan pada hasil akhir penelitian ini adalah mampu mendeteksi kerusakan *Ball Bearing* pada motor induksi 3 fasa dengan mondekomposisikan sinyal dan kemudian dapat menghitung energi rata – rata dari setiap *ripple* yang dihasilkan pada sinyal tersebut

2. METODOLOGI

2.1. Konfigurasi Sistem

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode simulasi menggunakan aplikasi LABVIEW dimulai dari pengumpulan data yang dilakukan dengan pengambilan arus stator pada rangkaian pengatur kecepatan motor induksi 3 fasa. Berikut ini blok diagram sistem:

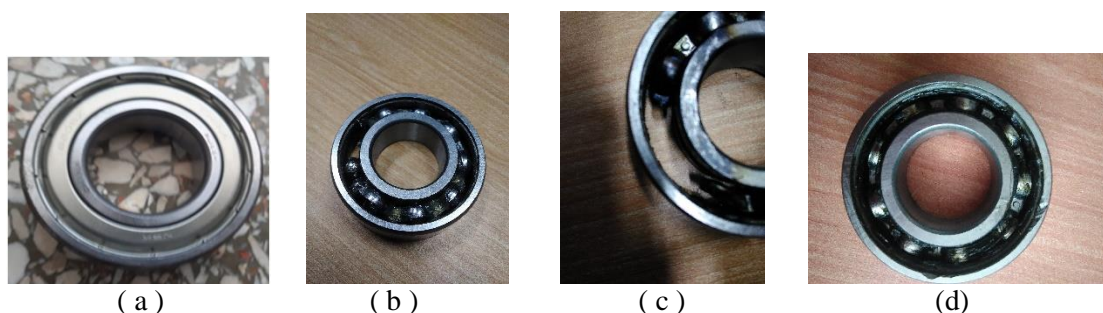


Gambar 1. Diagram Blok System.

Motor induksi yang digunakan pada penelitian ini adalah motor induksi 3 fasa, rotor sangkar tupai dengan daya rating sebesar 2 HP atau setara dengan 1,5 KW dengan rating tegangan 220/380 V. Beban mekanis pada motor yang digunakan dalam pengukuran adalah berupa generator sinkron yang dikopel dengan motor, kemudian generator sinkron dibebani listrik yaitu lampu pijar. Pengambilan data dilakukan pada frekuensi sampling sebesar 5 kHz dengan jumlah data 25.000 samples. Kemudian data yang sudah dihasilkan disimpan dalam bentuk excel. Pengambilan data ini dilakukan selama 5 sekon, sehingga total jumlah data adalah 25.000 samples. Data keluaran arus tersebut menjadi data masukan pada proses pengolahan sinyal berbasis decomposition wavelet transform menggunakan software MATLAB

2.2. Pengkondisian Kerusakan *Ball Race Bearing*

Rekonstruksi kerusakan bearing dilakukan dengan memberikan kecacatan pada bagian *ball race*. Kerusakan dibuat dengan menghilangkan bola bearing tersebut dan dengan kondisi tergores. Variasi kerusakan ini dimaksudkan agar data yang dihasilkan dapat terukur tingkatannya,



Gambar 2. Kontruksi Kerusakan Ball Race Bearing (a) Bearing Normal (b) Bola Bearing Hilang 1 (c) Bola Bearing Hilang 2 (d) Bola Bearing Tergores

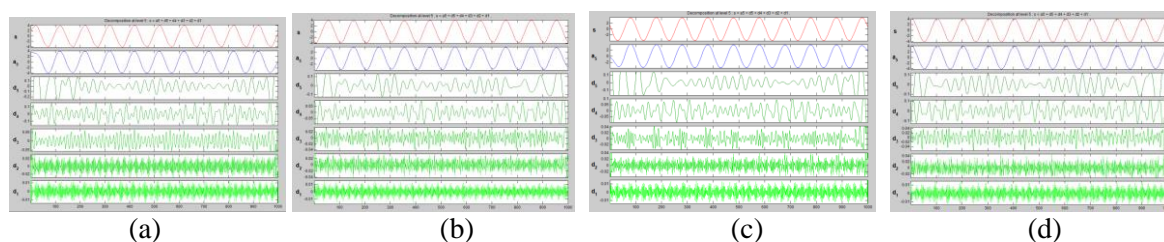
2.3. Pembebanan Mekanis dan Listrik

Dalam penelitian ini pembebanan mekanis yang digunakan adalah generator sinkron, motor induksi dikopel dengan generator sinkron dan dibebani oleh lampu pijar. Pembebanan dengan lampu ini disebut dengan pembebanan listrik. Variasi pembebanan yang akan dilakukan adalah dengan beberapa tingkatan seperti beban 0% (*no load*), 50%, dan 100% (*full load*)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan menjelaskan tentang hasil pengujian kerusakan *ball race bearing* pada motor induksi tiga fasa dengan pengolahan signal menggunakan metode wavelet, dalam tahap pengujian dan pengambilan data yang digunakan merupakan *real-time* dalam kondisi *steady state*. Pengolahan sinyal menggunakan program MATLAB untuk mengetahui dekomposisi atau detail dari sinyal arus. Dekomposisi wavelet *transform* merupakan suatu penguraian dari sinyal asli ke detail yang disesuaikan pada model dengan level yang akan digunakan. Untuk jenis Wavelet yang digunakan yaitu menggunakan jenis *deubaches* (db) dengan banyaknya data yang digunakan adalah 1000 sampling data.

3.1. Pengujian Arus Motor Tanpa Beban



Gambar 3. Konstruksi Kerusakan Ball Race Bearing (a) Bearing Normal (b) Bola Bearing Hilang 1 (c) Bola Bearing Hilang 2 (d) Bola Bearing Tergores

Dari penguraian hasil signal wavelet diatas menunjukkan adanya perbedaan visualisasi sinyal yang dilihat dari bentuk *ripple* dari detail 1 sampai detail ke-5 dengan nilai skala yang sama pada masing-masing detail. Namun dari visual sinyal tidak dapat menunjukkan perbedaan pendeteksian kondisi motor rusak yang lebih akurat dengan jumlah *ripple* yang begitu padat, sehingga dari sinyal detail di atas dapat dilakukan perumusan variabel deteksi untuk sinyal d1 sampai d5, kemudian adanya perhitungan jumlah *ripple* pada sinyal d1 sampai d5 menggunakan persamaan dibawah

$$\text{Energi rata-rata D1} = \sum_{D_1}^n \frac{d(t)^2}{n} \quad (1)$$

Dimana, n adalah jumlah data d(t) nilai arus terhadap waktu

Tabel 1. Energi rata-rata sinyal wavelet motor tanpa beban

Parameter kerusakan	Energi				
	D1	D2	D3	D4	D5
Motor beban 0%					
normal	0.0000372	0.000245	0.0012	0.0057	0.0329
hilang 1	0.0000361	0.000234	0.000324	0.0022	0.0328
hilang 2	0.0000304	0.000243	0.000748	0.0034	0.0317
tergores	0.000034	0.000228	0.00048	0.0034	0.0072

Pada hasil tabel tersebut dapat terlihat jika semakin parah kerusakan pada *bearing* motor induksi, maka nilai daya rata-rata yang dihasilkan semakin rendah, namun pada level pembebanan yang diberikan nilai semakin tinggi. Selanjutnya dilakukan standarisasi atau normalisasi dengan cara nilai daya rata-rata pada setiap detail dibagikan dengan nilai Irms pada setiap kondisi motor, dengan Nilai Irms sebagai berikut :

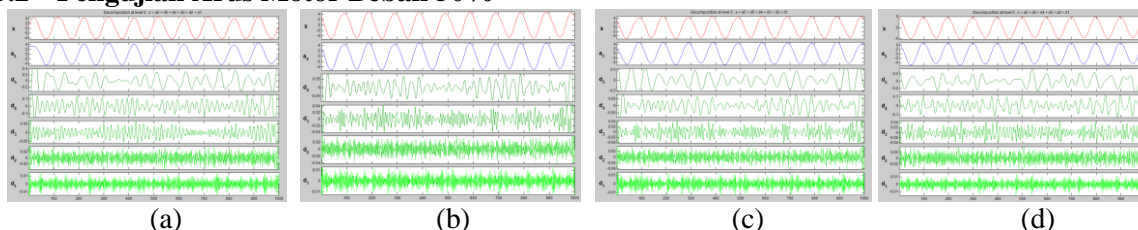
Irms normal : 1.97 A
 Irms ball bearing hilang 1 : 1.41 A
 Irms ball bearing hilang 2 : 1.41 A
 Irms ball bearing tergores : 1.48 A

Tabel 2. Energi rata-rata wavelet dengan Irms kondisi tanpa beban

Parameter kerusakan	Energi				
	D1	D2	D3	D4	D5
Motor beban 0%					
normal	0.0000263	0.000173	0.000848	0.0040	0.0229
hilang 1	0.0000255	0.000165	0.000229	0.0016	0.0231
hilang 2	0.0000214	0.000171	0.000528	0.0024	0.0224
tergores	0.000024	0.000161	0.000339	0.0024	0.0051

Pada tabel menunjukkan hasil energi rata-rata yang berbeda dengan sebelum di normalisasi yaitu pada kondisi bola hilang 1 mengalami penurunan nilai dari kondisi motor normal, dan pada kondisi bola hilang 2 dan bola tergores juga mengalami penurunan nilai energi rata-rata pada kondisi motor normal.

3.2 Pengujian Arus Motor Beban 50%



Gambar 4. Konstruksi Kerusakan Ball Race Bearing (a) Bearing Normal (b) Bola Bearing Hilang 1 (c) Bola Bearing Hilang 2 (d) Bola Bearing Tergores

Tabel 3. Energi rata-rata sinyal wavelet motor beban 50%

Parameter kerusakan Motor beban 50%	Energi				
	D1	D2	D3	D4	D5
normal	0.0000275	0.000248	0.0014	0.0049	0.0338
hilang 1	0.000028	0.000245	0.0006	0.0023	0.079
hilang 2	0.0000249	0.00023	0.000592	0.0025	0.069
tergores	0.0000265	0.00023	0.000296	0.0023	0.0176

Pada tabel 3 diatas menunjukkan hasil nilai daya rata-rata pada kondisi bola hilang 1 tidak ada yang mengalami penurunan nilai dari kondisi motor normal, sedangkan pada kondisi bola hilang 2 yang mengalami penurunan nilai hanya di d1, d2 dan d4 saja. Dan pada kondisi bola tergores terjadi penurunan pada semua dekomposisi. Hal ini sama akan dilakukan normalisasi untuk mengurangi adanya error dengan nilai Irms sebagai berikut :

Irms normal : 2.24 A

Irms ball bearing hilang 1 : 1.76 A

Irms ball bearing hilang 2 : 1.97 A

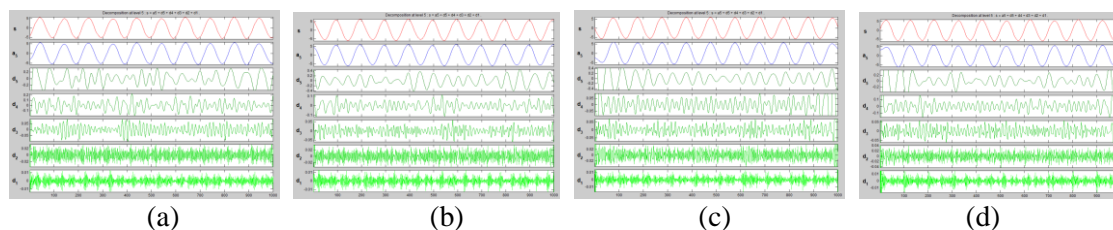
Irms ball bearing tergores : 1.76 A

Tabel 4. Energi rata-rata wavelet dengan Irms

Parameter kerusakan Motor beban 50%	Energi				
	D1	D2	D3	D4	D5
Normal	0.0000194	0.000175	0.00099	0.00346	0.0239
hilang 1	0.0000198	0.000173	0.000424	0.00162	0.0558
hilang 2	0.0000176	0.000162	0.000418	0.00176	0.0487
tergores	0.0000187	0.000162	0.000209	0.00162	0.0124

Setelah dilakukan normalisasi, hasil dari tabel diatas menunjukkan adanya penurunan nilai pada bola hilang 1 di d2 dan d4, dan di d1, d3 dan d5 tetap mengalami kenaikan nilai energi rata-rata, sedangkan di kondisi motor dengan bola bearing hilang 2 terjadi penurunan pada d1 sampai d4, sedangkan d5 mengalami kenaikan. Dan kondisi bola tergores mengalami penurunan pada d1 sampai d5.

3.3. Pengujian Arus Motor Beban 100%



Gambar 5. Konstruksi Kerusakan Ball Race Bearing (a) Bearing Normal (b) Bola Bearing Hilang 1 (c) Bola Bearing Hilang 2 (d) Bola Bearing Tergores

Tabel 5. Energi rata-rata sinyal wavelet motor beban 100%

Parameter kerusakan Motor beban 100%	Energi				
	D1	D2	D3	D4	D5
normal	0.0000194	0.000175	0.00099	0.00346	0.0239
hilang 1	0.0000198	0.000173	0.000424	0.00162	0.0558
hilang 2	0.0000176	0.000162	0.000418	0.00176	0.0487
tergores	0.0000187	0.000162	0.000209	0.00162	0.0124

Pada tabel 5 diatas menunjukkan hasil nilai daya rata-rata pada kondisi bola hilang 1 mengalami penurunan nilai energy pada d2, d3 dan d4 dari kondisi motor normal, sedangkan pada kondisi bola hilang 2 yang mengalami penurunan nilai di d1, d2, d3, dan d4. Dan pada kondisi bola tergores terjadi penurunan pada semua dekomposisi. Hal ini sama akan dilakukan normalisasi untuk mengurangi adanya error dengan nilai Irms sebagai berikut :

Irms normal	: 2.65 A
Irms ball bearing hilang 1	: 2.33 A
Irms ball bearing hilang 2	: 2.26 A
Irms ball bearing tergores	: 1.97 A

Tabel 6. Energi rata-rata wavelet dengan Irms pada beban 100%

Parameter kerusakan Motor beban 100%	Energi				
	D1	D2	D3	D4	D5
normal	0.000015	0.000153	0.0012	0.0053	0.0271
hilang 1	0.0000143	0.000149	0.000226	0.00134	0.0254
hilang 2	0.0000117	0.000126	0.0012	0.00151	0.055
tergores	0.0000106	0.000149	0.000149	0.00502	0.0267

Tabel 6 menunjukkan hasil pada kondisi bola hilang 1 nilai energy rata – rata pada d1, d2, d4, dan d5 mengalami penurunan sedangkan pada kondisi bola hilang 2 yang mengalami penurunan hanya di d1, d2 dan d4. Dan pada kondisi bola tergores pada d1, d2, d4, dan d5 mengalami penurunan. Tabel 7 akan menunjukkan hasil dari normalisasi untuk seluruh beban dan kondisi motor yang telah dianalisa.

Tabel 7. Perbandingan nilai normalisasi energi rata-rata

Parameter Kerusakan	Beban %	Energi					Keterangan				
		d1	d2	d3	d4	d5	1	2	3	4	5
Normal		0.0000263	0.000173	0.000848	0.0040	0.0229					
Hilang 1	0%	0.0000255	0.000165	0.000229	0.0016	0.0231	0	0	1	1	0
Hilang 2		0.0000214	0.000171	0.000528	0.0024	0.0224	0	0	1	1	1
Tergores		0.000024	0.000161	0.000339	0.0024	0.0051	0	0	1	1	1
Normal		0.0000194	0.000175	0.00099	0.0034	0.0239					
Hilang 1	50%	0.0000198	0.000173	0.000424	0.0016	0.0558	0	0	1	1	0
Hilang 2		0.0000176	0.000162	0.000418	0.0017	0.0487	0	0	1	0	0
Tergores		0.0000187	0.000162	0.000209	0.0016	0.0124	0	0	1	1	1
Normal		0.000015	0.000153	0.0012	0.0053	0.0271					
Hilang 1	100%	0.0000143	0.000149	0.000226	0.0013	0.0254	1	1	1	1	0
Hilang 2		0.0000117	0.000126	0.0012	0.0015	0.055	1	1	0	1	0
Tergores		0.0000106	0.000149	0.000149	0.0050	0.0267	1	1	1	0	0

Ket. : 0 – tidak ada terdeteksi pada kondisi rusak
1 – terdeteksi kondisi rusak

Dari tabel 7 cara pendeteksiannya yaitu dengan mencari nilai daya rata-rata yang paling kecil dari kondisi motor normal disetiap beban motor, kemudian nilai tersebut dibandingkan dengan setiap kondisi motor rusak, pedeteksi ini dimulai dari d1 sampai d5, apabila nilai daya rata-rata motor rusak lebih kecil atau mengalami penurunan dari nilai daya rata-rata kondisi normal maka sistem pendeteksian berhasil.

Untuk melihat presentase keberhasilannya yaitu :

$$\% = \frac{\text{jumlah yang terdeteksi}}{\text{jumlah case}} \times 100$$

Pada tabel 7 Presentase keberhasilan yang didapatkan yaitu pada d1 sebesar 50%, d2 sebesar 50%, d3 sebesar 50%, d4 sebesar 96 %, dan di d5 sebesar 50 %

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan dari proses pengujian dan analisa didapat kesimpulan bahwa sinyal arus stator yang telah diuji menggunakan dekomposisi wavelet terlihat adanya perbedaan bentuk *ripple* pada motor normal dan motor yang telah terdapat kerusakan. Presentase keberhasilan deteksi *ball race bearing* menggunakan metode *decomposition wavelet transform*, yaitu antara 72% hal ini masih dapat digunakan untuk deteksi kerusakan *ball race bearing* pada motor induksi dengan cara mendekomposisi pada sinyal.

DAFTAR PUSTAKA

- Dewantara, Belly Yan, "Eksperimen Deteksi Eksentrisitas Statis Celah Udara Motor Induksi Melalui Analisa Frekuensi Resolusi Pada Arus Stator", Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya, 2017.
- Hamdani, Muhammad Heikal, "*Deteksi Kerusakan Outer Race Bearing Pada Motor Induksi Menggunakan Analisis Arus Stator*", Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2014.
- Utomo, Restu Mukti, "Analisa Pemilihan Filter Wavelet Pada Motor Induksi Tiga Fasa Untuk Deteksi Ketidakseimbangan Celah Udara", Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya, 2018.