

## PENERAPAN *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK* UNTUK MENGETAHUI KONDISI *BEARING* MOTOR MELALUI ANALISA POLA ARUS STATOR

**Sari Putri Wardiningsih<sup>\*</sup>, Iradiratu, Belly Yan Dewantara dan Daeng Rahmatullah**

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan, Universitas Hang Tuah Surabaya  
Jl. Arief Rachman Hakim No.15, Keputih, Sukolilo, Kota Surabaya, Jawa Timur 60111.

<sup>\*</sup>Email: sariptri@gmail.com

### Abstrak

*Motor induksi adalah peralatan elektronik yang digunakan dalam berbagai aplikasi industri untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor induksi merupakan peralatan yang memiliki peranan sangat penting di industri karena begitu banyak operasi di industri yang menggunakan motor induksi sebagai penggerak utamanya. Alasan utamanya karena motor induksi memiliki kehandalan yang tinggi dan biaya yang relatif lebih rendah. Meskipun cukup handal tetapi dapat saja mengalami kerusakan total pada saat beroperasi. Kerusakan total pada motor induksi pada saat mendukung proses produksi dapat menyebabkan rendahnya mutu barang yang dihasilkan sampai berhentinya proses produksi itu sendiri. Untuk menghindari kerusakan total pada motor induksi, pada penelitian ini digunakan metode artificial neural network dengan algoritma backpropagation untuk memprediksi letak kerusakan yang akan terjadi pada motor induksi 3 fasa. Agar dapat digunakan untuk memprediksi kerusakan motor induksi pada stator dengan artificial neural network harus memiliki struktur jaringan yang optimal. Diharapkan pada penelitian ini dititik beratkan pada pencarian struktur artificial neural network yang optimal berdasarkan pola data pelatihan seperti mencari jumlah time delay, hidden layer, node hidden layer, nilai konstanta learning rate dan momentum. Diharapkan dengan pengujian ini dapat memprediksi kondisi kerusakan outer bearing pada motor induksi 3.*

*Kata kunci* : artificial neural network, kerusakan outer ,motor induksi.

### 1. PEENDAHULUAN

Motor induksi adalah peralatan elektronik yang digunakan dalam berbagai aplikasi industri untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor induksi merupakan peralatan yang memiliki peranan sangat penting di industri. Hal ini dikarenakan begitu banyak proses operasi di industri yang menggunakan motor induksi sebagai penggerak utamanya. Alasan utamanya karena motor induksi memiliki kehandalan yang tinggi dan biaya yang relatif lebih rendah. Motor induksi banyak dipakai sebagai penggerak untuk mengerjakan banyak proses di industri seperti mengerjakan *blower* (penghasil angin) berkapasitas besar yang dipakai untuk pembakaran di dalam tungku peleburan, mengerjakan *conveyor* (pengangkut bahan), mengerjakan pompa air untuk sirkulasi air pendingin dan lain-lain.

Meskipun memiliki konstruksi yang kuat, bukan berarti motor induksi tidak akan mengalami kerusakan. Ada saatnya dimana motor induksi mengalami kerusakan dan harus di hentikan operasinya. Meskipun motor induksi cukup handal tetapi penggunaan dalam jangka waktu yang panjang, proses penuaan alami dan berbagai faktor lain yang terkait dengan operasional motor induksi, sehingga mengakibatkan kerusakan motor induksi dapat terjadi. *Survey* gangguan telah dilakukan oleh *Electric Power Research Institute* (EPRI) yang menemukan sekitar 41% dari total keseluruhan 6312 kasus kerusakan motor induksi diakibatkan karena masalah pada *bearing* (M. R. W Group, 1985). Apabila kerusakan pada motor induksi tidak dideteksi pada tahap permulaan akan dapat mengakibatkan *shutdown* serta dapat menyebabkan terhentinya proses produksi yang menimbulkan kerugian besar terutama bila kerusakan yang timbul secara mendadak. Maka dari itu perlu adanya *diagnose* lebih awal untuk mendeteksi adanya gangguan pada *bearing* motor induksi, agar langkah dan perbaikan lebih lebih cepat dan tanggap sebelum terjadi gangguan yang lebih besar.

Pendeteksian kerusakan motor induksi di dalam dunia industri biasanya melakukan pengukuran getaran, pada penelitian sebelumnya (K. C Deekshit, Dr.VenuGopalaRao,M, Dr.R.Srinivasa, dan Mr. R.Naga Sreenivasu,2014) yang membahas kerusakan *bearing* motor induksi 2 (dua) metode yaitu *wavelet analysis* dengan *fast fourier transform* (FFT) namun salah satu metode tersebut tidak bekerja dengan baik karena beban variabel dan kecepatan motor induksi.

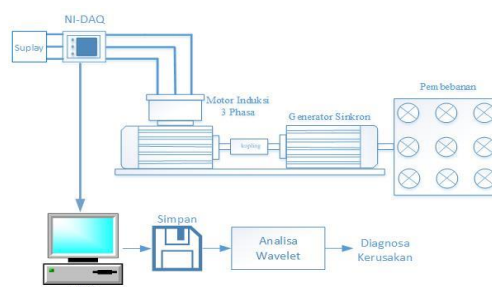
Pada penelitian tersebut menggunakan *wiener filter* sebagai estimasi untuk melakukan deteksi kerusakan *bearing* pada motor induksi dan *wiener filter* hanya akan memprediksi komponen yang sehat dari arus stator, agar mencapai nilai yang bagus *filter* harus dilakukan dengan cara berkala.

Untuk mengembangkan penelitian yang sebelumnya akan dilakukan yaitu akan mencari letak kerusakan *bearing* motor induksi dengan menggunakan metode *artificial neural network* dengan pembelajaran *backpropagation* sebagai acuan untuk mendapatkan letak kerusakan.

## 2. METODOLOGI

### 2.1. Konfigurasi Sistem

Dalam mendeteksi kerusakan *bearing* motor induksi pada penelitian ini adalah dengan menganalisa kondisi *steady state*. Data sinyal akan diambil pada saat *steady state* adalah ketika pada saat kondisi tidak berbeban dan ketika akan diberikan beban maka dengan varisasi pembebanan yang berbeda. Pengambilan data sinyal arus ini dilakukan pada kondisi sebelum rekonstruksi kerusakan dan setelah konstruksi kerusakan *bearing*. Sistem yang digunakan terdiri dari motor induksi 3phase, generator sinkron serta lampu pijar sebagai beban motor, NI-DAQ dan beberapa peralatan pengukuran serta *software* terprogram untuk mengolah sinyal. Berikut adalah gambaran tentang sistem dalam penelitian ini.



Gambar 1. Gambaran sistem dalam penelitian

Pada penelitian ini digunakan motor induksi 3 (tiga) fasa dengan kapasitas 2 (dua) HP atau setara dengan 1,5kW dengan rating tegangan 220/380v. Beban mekanis pada motor yang digunakan dalam pengukuran adalah berupa generator sinkron yang dikopel dengan motor, kemudian generator sinkron diberikan beban listrik berupa lampu pijar. Pengambilan data akan dilakukan dengan frekuensi sampling dengan 5kHz dengan jumlah data 1.000 sample. Setelah dilakukan pengambilan sample akan disimpan dalam bentuk excel yang kemudian data keluaran arus tersebut akan menjadi data masukan pada proses pengolahan sinyal berbasis *decomposition wavelet transform* yang juga akan menjadi inputan untuk pemrosesan dalam *artificial neural network* yang akan menggunakan *software* MATLAB.

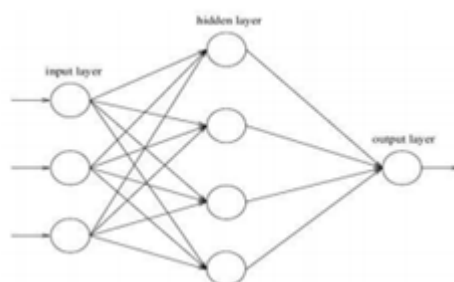
### 2.2. *Artificial Neural Network*

*Artificial neural network* merupakan simulasi dari otak biologis. Tujuan dari *artificial neural network* adalah untuk belajar mengenali pola-pola pada data dan mensimulasikan proses belajar adaptif biologis, walau dalam skala yang sangat sederhana.. Sekali *artificial neural network* telah dilatih terhadap data, akan dapat membuat prediksi dengan melakukan deteksi kemiripan/kesamaan pola-pola data masukan.

*Neural network* bukanlah duplikasi persis dari sistem biologis otak manusia, tetapi jaringan saraf tiruan ini dapat melakukan kemampuan seperti generalisasi, belajar, abstraksi, dan bahkan intuisi. Mudahnya, merupakan suatu model dari sistem saraf biologis yang disederhanakan sebagai suatu alternatif sistem komputer. Kenyataan menunjukkan bahwa banyak masalah dalam kehidupan manusia yang sulit dipecahkan dengan “komputer konvensional” yang paling canggih sekalipun, namun manusia dapat menyelesaikannya dengan baik. Dengan kemampuannya untuk belajar, jaringan saraf tiruan ini diharapkan dapat menyelesaikan masalah yang tidak dapat diselesaikan oleh komputer konvensional.

*Artificial neural network* dapat mendeteksi kesamaan masukan, bahkan sebagian masukan yang mungkin belum pernah dilatihkan atau diberikan sebelumnya. Karena

*artificial neural network* mempunyai kemampuan interpolasi yang hebat, terutama bila data masukan tidak eksak, banyak gangguan didalamnya. Sehingga memungkinkan *artificial neural network* untuk digunakan sebagai substitusi langsung bagi auto korelasi, regresi multivariabel, regresi linier, trigonometri, dan teknik regresi lainnya. Ketika data dianalisa menggunakan *artificial neural network*, akan memungkinkan untuk melakukan prediksi pola yang penting sebagaimana bila seorang ahli menganalisa data tersebut, karena *artificial neural network* dapat beraksi seperti selayaknya seorang yang ahli di bidangnya. (Widodo, 2014).



**Gambar 2. Model Strukstur Artificial Neural Network**

### 2.3. Rekonstruksi Kerusakan *Bearing*

Rekonstruksi kerusakan *outer race bearing* akan dilakukan dengan cara memberi kecacatan pembuatan lubang dengan diameter pada masing-masing *bearing* berbeda-beda yaitu 1mm, 2mm dan 3mm adalah cara kerusakan pada *outer bearing* ini agar mendapatkan data yang dihasilkan sesuai dengan tingkatannya maka dilakukan dengan cara memberi variasi kerusakan.



**Gambar 3. Konstruksi kerusakan *outer* pada *bearing* motor induksi**

### 2.4. Pembebanan Mekanis dan Elektris

Pembebanan mekanis dalam penelitian ini yang akan digunakan adalah generator sinkron, motor induksi yang dikopel dengan generator sinkron dan akan diberikan beban dengan lampu pijar. Lampu pijar yang digunakan ini disebut sebagai pembebanan elektris. Pembebanan variasi yang akan digunakan memiliki beberapa tingkatan dengan beban 100% (*full load*), 75% , 50%, 25% dan 0% (*no load*).

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan menjelaskan tentang hasil pengujian kerusakan *bearing* pada motor induksi 3 (tiga) *phase* dengan menggunakan metode *artificial neural network* dengan pembelajaran *backpropagation* dalam bab ini pengujian dan pengambilan data yang akan digunakan adalah *real time* dengan kondisi *steady state*. Pada penelitian ini, data yang ada merupakan energi rata-rata yang merupakan hasil dari kerusakan *outer bearing* motor induksi yang sebelumnya dilakukan dengan cara mengolah terlebih dahulu melalui metode *discrete wavelet transform* yang hasilnya akan menjadi inputan *artificial neural network*.

**Tabel 1. Daya rata-rata**

Parameter	Energi Rata-Rata Tiap Level Dekomposisi						
Kerusakan Motor Beban 0%	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
Normal	1,31E-04	4,24E-04	0,0012	0,041	0,3384	1,3006	7,7873
Lubang 1 (2mm)	8,53E-05	3,41E-04	0,0017	0,0246	0,4552	1,5075	8,2789
Lubang 2 (2mm)	9,14E-05	3,49E-04	0,0014	0,0182	0,4414	2,0989	8,9815
Lubang 3 (2mm)	1,15E-04	3,67E-04	0,0011	0,0106	0,623	2,5578	9,5222

Parameter	Energi Rata-Rata Tiap Level Dekomposisi						
Kerusakan Motor Beban 25%	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
Normal	7,88E-05	0,0018	0,0155	0,0746	0,451	0,8419	4,2062
Lubang 1 (2mm)	5,24E-05	0,0016	0,0149	0,0489	0,1791	1,2179	4,4195
Lubang 2 (2mm)	5,98E-05	0,0017	0,0194	0,0607	0,1461	1,6396	4,7659
Lubang 3 (2mm)	5,16E-05	0,0016	0,0146	0,0548	0,2763	2,0329	5,2653

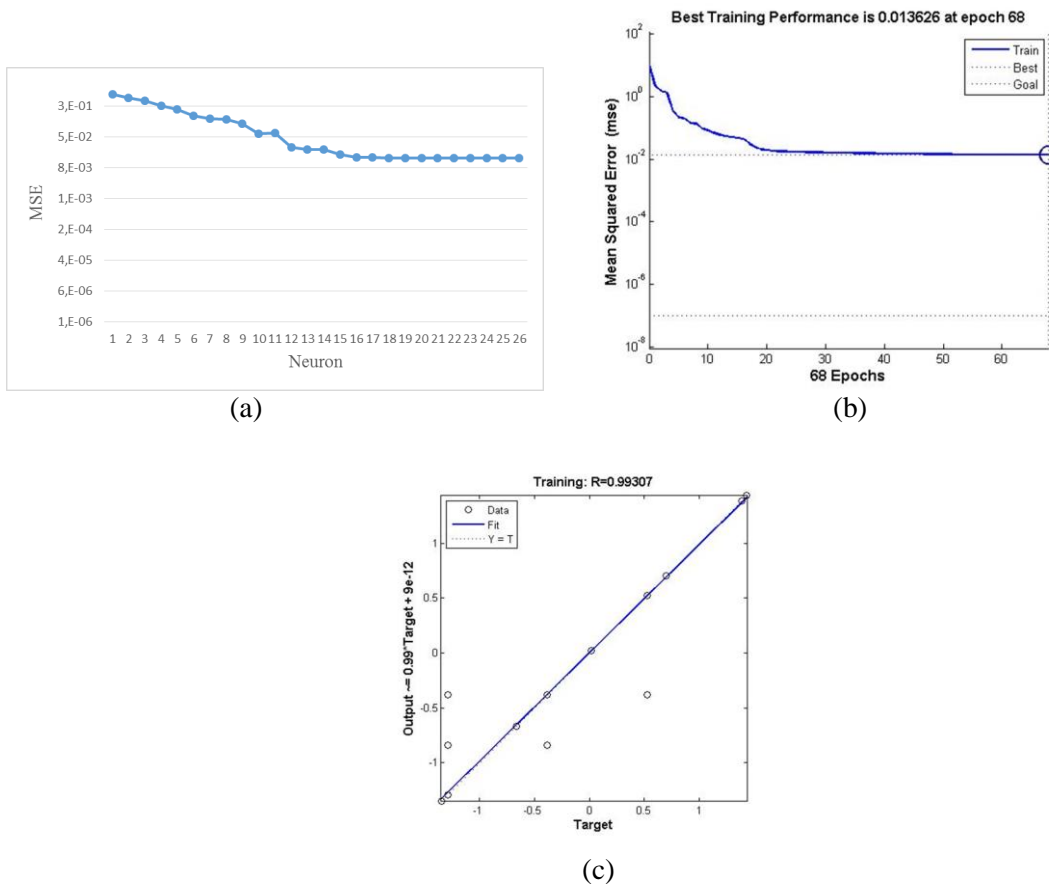
Parameter	Energi Rata-Rata Tiap Level Dekomposisi						
Kerusakan Motor Beban 50%	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
Normal	6,75E-05	0,0017	0,0144	0,0647	0,4417	0,7639	3,9135
Lubang 1 (2mm)	6,32E-05	0,0016	0,0133	0,0648	0,0698	1,1885	3,9958
Lubang 2 (2mm)	4,75E-05	0,0015	0,0137	0,0503	0,1782	1,4859	4,4955
Lubang 3 (2mm)	5,90E-05	0,0017	0,015	0,0629	0,0825	1,6096	4,9203

Parameter	Energi Rata-Rata Tiap Level Dekomposisi						
Kerusakan Motor Beban 75%	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
Normal	6,18E-05	0,0016	0,0147	0,056	0,4891	1,1872	4,2243
Lubang 1 (2mm)	5,72E-05	0,0016	0,0153	0,0498	0,1801	1,3613	4,6164
Lubang 2 (2mm)	3,64E-05	0,0015	0,0154	0,0531	0,3117	1,7616	4,9762
Lubang 3 (2mm)	5,25E-05	0,0016	0,0159	0,0485	0,2641	1,9987	5,1387

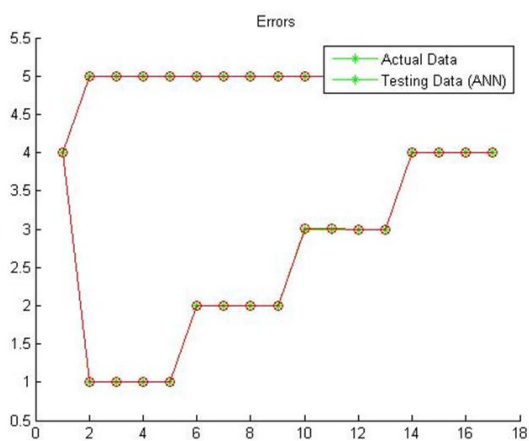
  

Parameter	Energi Rata-Rata Tiap Level Dekomposisi						
Kerusakan Motor Beban 100%	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
Normal	6,88E-05	0,0018	0,0154	0,0637	0,1609	0,8609	3,5097
Lubang 1 (2mm)	5,41E-05	0,0016	0,0148	0,0536	0,2399	1,1358	3,7079
Lubang 2 (2mm)	6,02E-05	0,0017	0,0143	0,067	0,2336	1,3173	4,2977
Lubang 3 (2mm)	5,68E-05	0,0017	0,0184	0,067	0,3921	1,5447	4,7864



**Gambar4. (a) Kurva Best Performance; (b) Kurva Mean Squared Error; (c) Target**

Pada gambar 4 merupakan kesesuaian antara data target dan output pada saat pelatihan. Dan hasil pelatihan akan diperoleh nilai yang akan digunakan sebagai data masukan untuk pengujian.



**Gambar 5. Kurva kesesuaian data target dan output hasil pengujian**

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian deteksi kerusakan *bearing* motor induksi dengan analisa arus *steady state* dan *artificial neural network* dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- a. Ketika terjadi kerusakan pada *bearing* akan menghasilkan gerakan radial antara rotor dan stator. Gerakan rotor akibat kerusakan *bearing* ini menghasilkan tambahan *frekuensi* pada arus stator

- b. Pelatihan dan pengujian algoritma dengan *artificial neural network* pembelajaran *backpropagation* menggunakan data energi normal dan energi dari setiap jenis kerusakan. Jumlah data input yang digunakan sebagai pelatihan *artificial neural network* adalah 280 data dengan 75 data pengujian
- c. Dari hasil pengujian dengan menggunakan *artificial neural network* untuk klasifikasi jenis kerusakan diperoleh keberhasilan diatas 85%. Namun pengklasifikasian ini belum bisa diaplikasikan karena *artificial neural network* hanya membaca data yang mirip dengan data pelatihan, sehingga jika ada data yang tidak sama dengan data pelatihan dalam setiap kondisi maka data tersebut tidak akan terdeteksi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- K. C. Deekshit Kompella, Dr. M. Venu Gopala Rao, Dr. R. Srinivasa Rao., (2014). "*Estimation of Bearing Faults in Induction Motor by MCSA using Daubechies Wavelet Analysis*"
- M. R. W. Group, "*Report of large motor reliability survey of industrial and commercial installation, PartII,*" *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol.IA-21, no.4,pp.865-872, July./Aug. 1985.
- Widodo Budi Harto, Derwin Suhartono "*Artificial Intelligence, Konsep dan Penerapannya*" ANDI, Yogyakarta, 2014. Hal. 169-170