

KLASIFIKASI HUBUNG SINGKAT *TURN TO TURN* PADA BELITAN STATOR MOTOR INDUKSI YANG DISEBABKAN KEGAGALAN ISOLASI MENGGUNAKAN METODE *NEURAL NETWORK* (NN)

Barli Jeihan Irawan, Iradiratu Diah D.P.K, Belly Yan Dewantara,
Daeng Rahmatullah.

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan, Universitas Hang Tuah Surabaya

Jl. Arief Rachman Hakim No. 150, Keputih, Sukolilo, Kota Surabaya, Jawa Timur 60111.

Email: Barlijeihanirawan@gmail.com, iradiratu@hangtuah.ac.id, bellyyandewantara@hangtuah.ac.id
daengrahmatullah@gmail.com

ABSTRACT

Hampir seluruh industri menggunakan motor induksi sebagai alat bantu produksi, hal ini disebabkan karena beberapa alasan yaitu, kecepatan putar yang dihasilkan konstan, motor induksi tidak memiliki sikat sehingga rugi gesek dapat dikurangi, dan perawatannya yang mudah. Pada penelitian ini adalah mendeteksi kerusakan belitan stator yang disebabkan oleh laminasi belitan sehingga terjadinya hubung singkat pada satu fasa, yang disebut juga dengan turn fault. Metode Fast Fourier Transform (FFT) yang digunakan untuk pedeteksi arus dengan pembebanan 0%, dan 100% yang nantinya hasil deteksi untuk klasifikasi pada Neural Network (NN). Pengkategorian tingkat pembebanan dan tingkat kerusakan yang dialami oleh motor induksi, yaitu turn to turn u1, turn to turn u1 dan v1, dan turn to turn u1, v1 dan w1. Pembacaan hasil test yang dilakukan pada Neural Network memiliki hasil prediksi yang baik karena MSE yang dihasilkan tidak melebihi tingkat keerroran 5% yang telah ditetapkan.

Keywords : Analisis arus stator, Kerusakan, Fast Fourier Transform (FFT), Neural Network (NN).

1. PENDAHULUAN

Hampir seluruh industri menggunakan motor induksi sebagai alat bantu produksi, hal ini disebabkan karena beberapa alasan yaitu, kecepatan putar yang dihasilkan konstan, motor induksi tidak memiliki sikat sehingga rugi gesek

dapat dikurangi, dan perawatannya yang mudah. Meskipun motor induksi cukup handal tetapi pada kenyataannya dapat saja mengalami banyak masalah pada saat beroperasi yang menyebabkan kerusakan total pada motor induksi (Huda, 2019).

Gejala kerusakan motor induksi berupa timbulnya getaran (vibrasi), bising (*noise*), peningkatan suhu kerja serta adanya percikan bunga api yang dapat membuat motor berhenti bekerja. (Prasetyadi, 2019). Kerusakan tersebut tidak hanya menurunkan efisiensi kerja dari mesin, melainkan bisa menimbulkan potensi bahaya untuk produksi yang berkelanjutan dan keamanan kerusakan yang sering terjadi diantaranya kerusakan belitan stator yang sering terjadi dapat mencapai 36%. (Abduh, 2019).

Apabila kerusakan pada motor induksi tidak dideteksi pada tahap permulaan akan dapat mengakibatkan *shut down* serta dapat menyebabkan terhentinya proses produksi yang menimbulkan kerugian besar terutama bila kerusakan yang timbul secara mendadak. (Faturrohman, 2019). Pada penelitian sebelumnya teknik memonitoring kerusakan belitan stator motor motor induksi menggunakan deteksi getaran, namun metode ini merupakan metode konvensional dan jika terjadi kerusakan ringan sulit untuk dideteksi.

Ada beberapa analisa kerusakan melalui arus stator menggunakan MCSA *Motor Current Signature Analysis* antara lain mendeteksi kerusakan batang rotor

menggunakan metode *Fast Fourier Transform* FFT (Shodiq, F., 2019). Mendeteksi kerusakan *Outer Race Bearing* menggunakan metode *Fast Fourier Transform* (FFT) (Abduh, 2019). Mendeteksi kerusakan *Inner Race Bearing* melalui sinyal arus motor (Iradiratu, 2019). Mendeteksi kerusakan *outer race bearing* menggunakan metode *Decomposition Wavelet Transform* (Dewantara, 2019). Mendeteksi bantalan balap luat pada motor induksi menggunakan arus stator (Iradiratu, 2019). Diagnosa Eksentrisitas Celah Udara Pada Motor Induksi Melalui Analisa *Axial Fluks* (Fithrooh, 2020).

Penelitian ini akan membahas mengenai metode analisis arus stator pada kondisi *steady state* yang terjadi pada motor induksi yang dilengkapi dengan algoritma *Fast Fourier Transform* (FFT) yang kemudian akan memiliki keuntungan untuk mengenali pola data *non-linear* dan dapat menghindari kompleksitas penentuan ambang batas deteksi menggunakan *Neural Network* (NN). Yang diaplikasikan pada motor induksi untuk melakukan deteksi kerusakan belitan *stator*.

Dalam penelitian ini nantinya akan dilakukan beberapa eksperimen berupa rekonstruksi kerusakan belitan

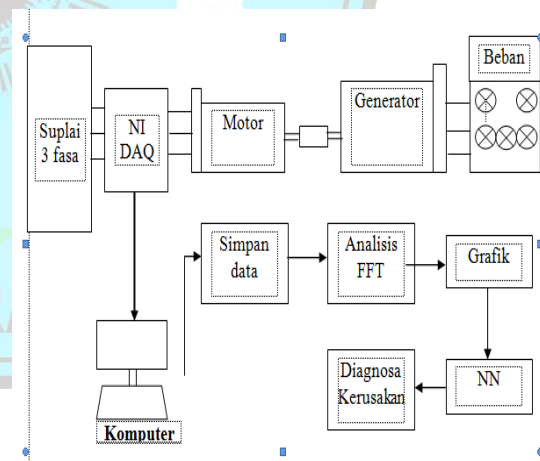
stator serta pemberian beban mekanis yang bervariasi mulai dari tanpa beban, beban minimum sampai beban maksimum untuk mengetahui performa dari metode deteksi kerusakan yang diajukan. Eksperimen dilakukan dengan menggunakan beberapa peralatan pengujian berupa *National Instruments* (NI-DAQ) yang dilengkapi dengan *software LabVIEW*, Diadem dan MATLAB untuk memudahkan proses pengukuran dan pengolahan sinyal arus stator motor induksi.

2. TEKNIK DAN EKSPERIMEN ANALISA KERUSAKAN BELITAN STATOR MOTOR INDUKSI

Pada penelitian ini akan dilakukan eksperimen untuk mendeteksi terjadinya kerusakan belitan *stator* pada motor induksi melalui analisa frekuensi pada arus stator. Adapun sistem yang digunakan terdiri dari beberapa *device* yang dibutuhkan antara lain sumber AC, motor induksi 3 fasa, perangkat pembebanan, dan peralatan akuisisi data yang secara langsung terhubung ke komputer. Dalam Penelitian ini, sistem pengukuran sinyal arus stator, untuk membentuk sistem deteksi tersebut diperlukan beberapa peralatan penunjang seperti sumber listrik dari pln, motor induksi 3 fasa, perangkat pembebanan

berupa generator dan lampu, serta peralatan akuisisi data (NI-DAQ) terhubung komputer yang dilengkapi dengan *software LabVIEW*, Diadem dan MATLAB.

Dengan menggunakan algoritma *Fast Fourier Transform* (FFT) yang mengubah sinyal arus stator dari domain waktu ke domain frekuensi yang kemudian akan memiliki keuntungan untuk mengenali pola data non-linear dan dapat menghindari kompleksitas penentuan ambang batas deteksi menggunakan *Neural Network* (NN). Tujuan digunakannya algoritma FFT dan metode NN adalah untuk melakukan deteksi hubung singkat pada belitan stator melalui spectrum arus stator.



Gambar 1. Konfigurasi Sistem Deteksi kerusakan *belitan stator*

A. Eksperimen Penelitian

Sumber yang digunakan berupa sumber AC tiga fasa yang langsung diambil dari jaringan PLN. Fungsinya sebagai sumber listrik arus bolak-balik

untuk mengoperasikan motor induksi tiga fasa yang akan digunakan. Motor induksi tiga fasa yang digunakan dalam penelitian ini merupakan jenis rotor sangkar merk Tatung dengan kapasitas 2 HP atau setara dengan 1,5 kW. Konfigurasi belitan yang digunakan adalah *delta* (Δ) sehingga motor induksi tiga fasa memiliki *rating* tegangan sebesar 220/380 V dan *rating* arus sebesar 5,94/3,44 Ampere. Motor induksi tiga fasa yang digunakan memiliki jumlah pasang kutub sebanyak empat buah sehingga memiliki kecepatan sinkron sebesar 1500 rpm dan kecepatan saat beban penuh sebesar 1380 rpm. Beban mekanis pada motor yang digunakan dalam pengukuran adalah berupa generator sinkron yang di kopel dengan motor. Untuk memvariasikan beban pada motor generator sinkron dibebani oleh beban resistif berupa lampu pijar sebanyak 8 buah dengan daya 100 Watt.

Pengaturan dari proses sampling pada NI DAQ dilakukan melalui *software LabVIEW*. Keluaran dari hasil sampling oleh NI DAQ melalui *LabVIEW* adalah berupa file TDMS (*Technical Data Management Streaming*). Untuk dapat melihat sinyal hasil sampling melalui file TDMS tersebut, dibutuhkan lagi satu

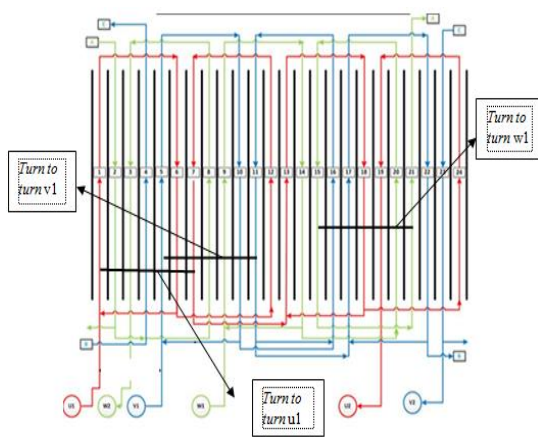
software yakni DIAdem. Melalui *software* DIAdem, sinyal hasil proses sampling dapat diatur tampilannya. Selain itu, DIAdem juga dapat digunakan untuk mengubah file TDMS tadi ke bentuk *file Excel*. *File Excel* hasil konversi oleh DIAdem berisi data teknisi melalui proses sampling dan juga data arus tiga fasa. *File Excel* inilah yang akan digunakan sebagai input pada *software* MATLAB untuk bisa dilakukan proses analisis.

B. Rekonstruksi Kerusakan Belitan Stator

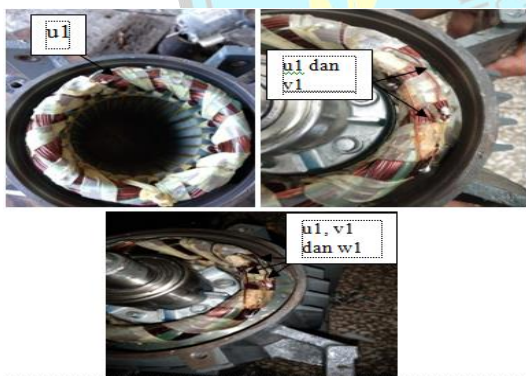
Rekonstruksi hubung singkat yang dilakukan dengan cara memberikan kecacatan pada bagian belitan *stator*. Kerusakan dibuat dengan membuat goresan isolasi dikumparnya. Variasi goresan kerusakan ini dimaksudkan agar data yang dihasilkan dapat terukur tingkatannya, walaupun pada kenyataan di lapangan hubung singkat terjadi karena usia motor tua atau besaran yang tidak dapat ditentukan.

Pada perancangan kerusakan ini akan dirancang kerusakan sistem isolasi antar *turn* pada motor induksi. Kerusakan ini melibatkan kerusakan sistem isolasi yang terdapat pada kawat-kawat, belitan yang terpisah dalam tiap koil. Pada pengujian ini koil masih dalam satu fasa

yang sama yaitu fasa R, S dan T akan divariasikan jumlah *turn fault* yang terjadi dalam satu fasa tersebut. Pada perancangan kerusakan ini akan disimulasikan pada gambar yang terjadi pada *turn to turn* u1, *turn to turn* u1 dan v1, *turn to turn* u1, v1 dan w1 sebagai berikut :



Gambar 2. Konfigurasi *Turn To Turn* Motor Induksi 3 Fasa



Gambar 3. Kerusakan Belitan Stator *Turn To Turn*

Disini pendeteksian menggunakan nilai arus yang dimana arus diubah menjadi *domain* frekuensi yang awalnya pendeteksian menggunakan perhitungan manual yaitu:

$$s = \frac{ns - nr}{ns} \times 100\% \tag{1}$$

Setelah perhitungan slip maka dilakukan perhitungan pada

$$F_{st} = f_s \left[\frac{1-s}{p} \right] \tag{2}$$

Setelah itu dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai frekuensi prediksi yang dimana frekuensi pada prediksi di kerusakan stator adalah

$$f_p = |f_s \pm f_{st}| \tag{3}$$

Ini adalah contoh nilai perhitungan yang telah dilakukan

$$\frac{N_s - N_r}{N_s} = \frac{1500 - 1499}{1500} = 0.000666667$$

$$F_{st} = f_s \left[\frac{1-s}{p} \right]$$

$$F_{st} = 50 \left[\frac{1 - 0.000666667}{2} \right]$$

$$F_{st} = 24.9833333$$

Lalu lakukan perhitungan nilai prediksi.

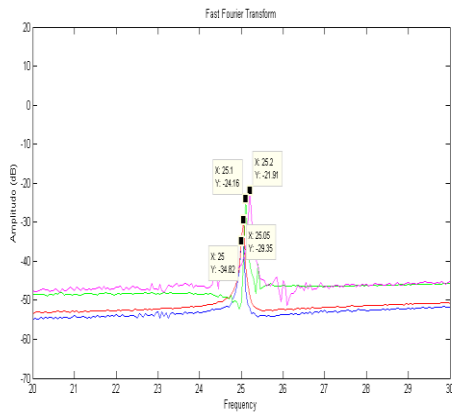
$$f_p = |f_s \pm f_{st}|$$

$$f_p = 50 + 24.9833333 = 74.9833333$$

$$f_p = 50 - 24.9833333 = 25.016667$$

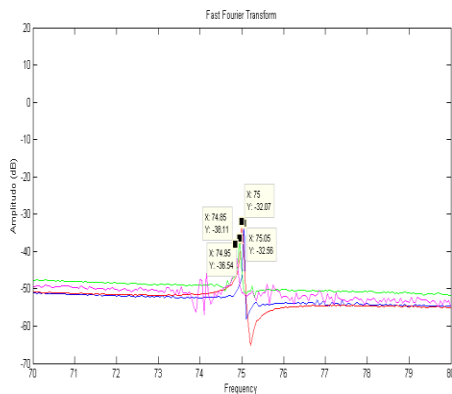
Dibawah adalah gambar salah satu contoh grafik yang telah dilakukan

perbandingan pendeteksian dari perhitungan manual dan nilai yang tertera pada grafik yang dimana pendeteksian dilakukan dengan membandingkan grafik spectrum arus motor normal dan motor yang telah mengalami kerusakan



Gambar 4. Perbandingan (-) Semua Kerusakan Beban 0% Motor Tanpa Dibebani

Gambar diatas adalah gambar 4 yang merupakan hasil nilai *spectrum* yang terjadi pada motor sehat, *turn to turn u1*, *turn to turn u1 dan v1*, *turn to turn u1, v1 dan w1* yang menunjukkan hasil *spectrum* pada (-).



Gambar 5. Perbandingan (+) Semua Kerusakanbeban 0% Motor Tanpa Dibebani.

Tabel 1 : Nilai Fst (Frekuensi Stator)Beban 0 %Motor Tanpa Beban

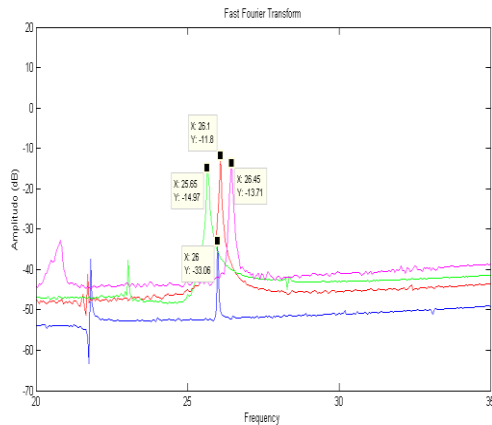
Kondisi motor	$= f_s \pm f_{st}$		$= f_s - f_{st}$		$= f_s + f_{st}$	
	Perhitungan		Grafik		Grafik	
	frekuensi (Hz)		frekuensi (Hz)	amplitude (dB)	frekuensi (Hz)	amplitude e (dB)
Motor sehat	25	75	25	-34.82	75.05	-32.56
kerusakan 1 <i>turn to turn u1</i>	25.05	74.95	25.05	-29.35	75	-32.07
kerusakan 2 <i>turn to turn u1 dan v1</i>	25.05	74.95	25.1	-24.16	74.95	-36.54
kerusakan 3 <i>turn to turn u1, v1 dan w1</i>	25.2	74.8	25.2	-21.91	74.85	-38.11

Nilai yang ditunjukkan pada *spectrum* beban 0% yang telah di analisa akan di masukkan ke dalam tabel yang nantinya juga dilakukan pada beban 100%

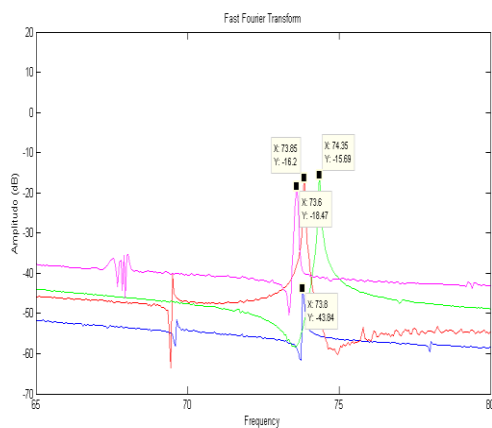
Pada tabel 1 diatas menunjukkan perbedaan nilai yang dimiliki oleh masing-masing kondisi motor, yaitu motor sehat, dan motor yang telah mengalami kerusakn yaitu, kerusakan 1 *turn to turn u1*, kerusakan 2 *turn to turn u1 dan v1*, kerusakan 3 *turn to turn u1, v1 dan w1*, pada nilai yang telah dihasilkan, nilai mengalami perbedaan frekuensi dan kenaikan *amplitude* yang dapat di berikan kesimpulan bahwa analisa telah terdeteksi.

Pada gambar 4 dan gambar 5 menunjukkan perbedaan warna yang menunjukkan perbedaan pada pemberian keterangan yang akan di jelaskan menurut perbedaan warna tersebut.

- Motor sehat
- Hubung singkat *turn to turn* u1 (kerusakan 1)
- Hubung singkat *turn to turn* u1 dan v1 (kerusakan 2)
- Hubung singkat *turn to turn* u1, v1 dan w1 (kerusakan 3)



Gambar 6. Perbandingan (-) Semua Kerusakan Beban 100 % Motor terkopel Generator + 8 Lampu



Gambar 7. Perbandingan (+) Semua Kerusakan Beban 100 % Motor terkopel Generator + 8 Lampu

Tabel 2 : Nilai f_{st} (Frekuensi *Stator*) Beban 100 % Motor Terkopel Dengan Generator + 8 Lampu

Kondisi motor	$= f_s \pm f_{st}$		$= f_s - f_{st}$		$= f_s + f_{st}$	
	Perhitungan		Grafik		Grafik	
	frekuensi (Hz)	frekuensi (Hz)	amplitude (dB)	frekuensi (Hz)	amplitude (dB)	
Motor sehat	25.6	74.4	26	-33.06	73.8	-43.84
kerusakan 1 <i>turn to turn</i> u1	25.8	74.2	26.1	-11.8	73.85	-16.2
kerusakan 2 <i>turn to turn</i> u1 dan v1	26	74	25.65	-14.97	74.35	-15.69
kerusakan 3 <i>turn to turn</i> u1, v1 dan w1	26	74	26.45	-13.71	73.6	-18.47

Pada tabel 2 diatas menunjukkan perbedaan nilai yang dimiliki oleh masing-masing kondisi motor, yaitu motor sehat dikopel dengan generator + 8 lampu, dan motor yang telah mengalami kerusakan yang juga terkopel dengan generator + 8 lampu yaitu, kerusakan 1 *turn to turn* u1, kerusakan 2 *turn to turn* u1 dan v1, kerusakan 3 *turn to turn* u1, v1 dan w1, pada nilai yang telah dihasilkan, nilai mengalami perbedaan frekuensi dan kenaikan amplitude yang dapat di berikan kesimpulan bahwa analisa telah terdeteksi. Nilai hasil perbandingan beban 100% ini bisa dilihat pada tabel 2.

Dari percobaan pada beban tersebut, memiliki selisih yang akan menunjukkan tingkat kerusakan dan beban yang terjadi pada pendeteksian arus yang dimana nantinya akan menjadi nilai yang di gunakan untuk mengklasifikasikan kerusakan dan tingkat

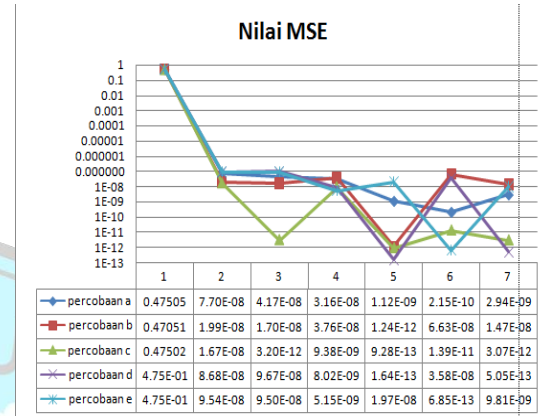
pembebanan yang dilakukan di metode *Neural Network*.

3. METODE NEURAL NETWORK

Metode *artificial intelligence* (AI) diterima sebagai metodologi yang kuat untuk beberapa bidang ilmiah. Karena *Neural Network* dapat dilatih dan dapat menangani masalah *non-linear*, mampu secara positif untuk mewujudkan hubungan antara input dan output data dari eksperimental. Oleh karena itu, dapat diterapkan ke banyak aplikasi khususnya untuk mengenali pola. Pada dasarnya, ada banyak jenis algoritma jaringan saraf tiruan, misalnya, jaringan saraf regresi umum, jaringan fungsi basis radial, korelasi kaskade, dan jaringan tautan fungsional. Juga jaringan neural *backpropagation feed-forward* adalah salah satu teknik AI, mampu dengan baik untuk mengenali pola dan membuat peraturan sederhana untuk masalah yang kompleks.

Metode *Neural Network backpropagasi* dipilih dalam penelitian ini bertujuan untuk mengenali harmonik dari kesalahan rotor bar rusak dengan menentukan letak kerusakan pada rotor. Secara teratur, jaringan *neural network back-propagasi* umpan balik memerlukan parameter inti seperti input data (P_k).

output target (tk), bobot (w), dan nilai bias (B_k). Secara umum, kesalahan rata-rata jaringan (MSE), yang merupakan fungsi kinerja untuk proses pelatihan



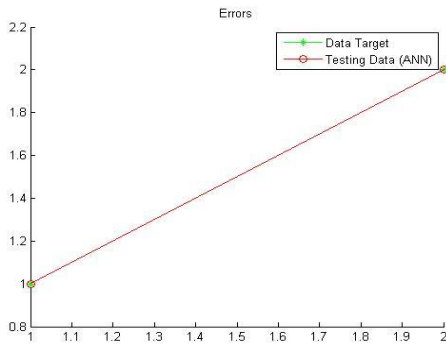
Gambar 8. Hasil Grafik Nilai MSE

Gambar 8 diatas menunjukkan nilai MSE pada neuron ke 1 sampai 7 yang dimana disini saya menggunakan data latih dengan MSE terkecil yang dimiliki pada neuron ke 5 percobaan d.

A. Hasil Testing NN (*Neural Network*)

Motor turn to turn u1 Beban 0%

Hasil grafik di bawah adalah salah satu contoh acak hasil data validasi atau data tes pada motor keadaan Normal dengan beban 0 % yang telah dilakukan setelah melakukan training atau memproses data latih yang diberikan dari data FFT ke NN, data *training* diproses dan mendapatkan hasil pada grafik di bawah



Gambar 9. Hasil Grafik Saat Validasi Data NN Motor Kerusakan *Turn To Turn* U1 Yang Terkoppel Generator Beban 0%

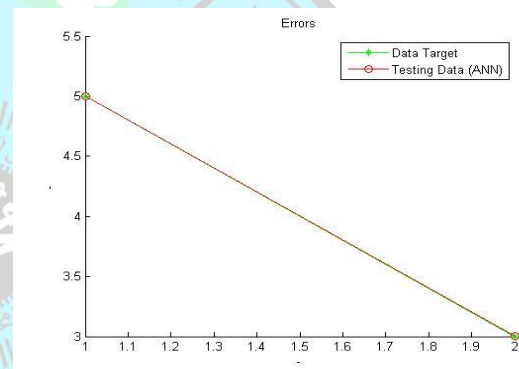
Tabel 3. Pengambilan Data Hasil *Testing* NN Motor Terkoppel Generator *Turn To Turn* U1

Beban	Kondisi Stator Pada Motor Terkoppel Generator <i>turn to turn</i> u1				
	Klasifikasi Kerusakan Stator				
	Target Klasifikasi Kerusakan Stator		Estimasi NN untuk Klasifikasi Kerusakan Stator		
	Tingkat Beban	Kondisi Stator	Tingkat Beban	Kondisi Stator	Error
0%	1	2	1	2	$7,86 \times 10^{-14}$
100%	5	2	5	2	$8,38 \times 10^{-16}$

Hasil dari tabel 3 diatas menyatakan bahwa tingkat beban dari 0% = 1 dan 100% = 5, dan kondisi stator pada motor terkoppel generator *turn to turn* u1 menunjukkan nilai data = 2, setelah melakukan percobaan testing NN yang dilakukan melalui data FFT target klasifikasi kerusakan stator menunjukkan hasil yang terbaca dengan baik dan menunjukkan hasil target yang sama dengan data target kalsifikasi kerusakan stator. Data *error* pada tiap tingkatan beban menunjukkan hasil error yang kecil 0% = $7,86 \times 10^{-14}$,, 100% = $8,38 \times 10^{-16}$.

B. Hasil *Testing* NN (*Neural Network*) Motor Terkoppel Generator *Turn To Turn* u1 dan v1 Beban 100%

Hasil grafik di bawah adalah salah satu contoh acak hasil data validasi atau data tes pada motor mengalami kerusakan *turn to turn* uldan v1 yang terkoppel dengan generator dengan beban 100% yang telah dilakukan setelah melakukan *training* atau memproses data latih yang diberikan dari data FFT ke NN, data *training* diproses dan mendapatkan hasil pada grafik di bawah.



Gambar 9. Hasil Grafik Saat Validasi Data NN Motor Kerusakan *Turn To Turn* U1 Dan V1 Yang Terkoppel Generator Beban 100%

Tabel 4. Pengambilan Data Hasil *Testing* NN Motor Terkoppel Generator *Turn To Turn* U1 Dan V1

Beban	Kondisi Stator Pada Motor Terkoppel Generator <i>turn to turn</i> u1 dan v1				
	Klasifikasi Kerusakan Stator				
	Target Klasifikasi Kerusakan Stator		Estimasi NN untuk Klasifikasi Kerusakan Stator		
	Tingkat Beban	Kondisi Stator	Tingkat Beban	Kondisi Stator	Error
0%	1	3	1	3	$2,61 \times 10^{-14}$
100%	5	3	5	3	$5,3450 \times 10^{-17}$

Hasil dari tabel 4 diatas menyatakan bahwa tingkat beban dari

0% = 1 dan 100% = 5, dan kondisi stator pada motor terkopel generator *turn to turn* u1 menunjukkan nilai data = 3, setelah melakukan percobaan testing NN yang dilakukan melalui data FFT target klasifikasi kerusakan stator menunjukkan hasil yang terbaca dengan baik dan menunjukkan hasil target yang sama dengan data target klasifikasi kerusakan stator. Data *error* pada tiap tingkatan beban menunjukkan hasil *error* yang kecil 0% = 2.61×10^{-14} , 100% = 5.3450×10^{-17} .

5. PENUTUP

A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan untuk kerusakan stator pada motor induksi menggunakan analisa arus *stady state* dengan menggunakan *Neural Network* dengan pembahasan *backpropogation* yang digunakan untuk mengklasifikasikan beban dan tingkat kerusakan pada motor induksi yang berfokus pada stator, yaitu motor sehat, *turn to turn* u1, *turn to turn* u1 dan v1, *turn to turn* u1, v1 dan w1 sebagai berikut :

1. Pengujian dilakukan dengan pengambilan data arus lonjakan pada motor induksi keadaan *stady state* yang dilakukan di stator motor

normal, dan mengalami kerusakan *turn to turn* u1, *turn to turn* u1 dan v1, *turn to turn* u1, v1, dan w1, setelah itu data arus di olah menggunakan metode FFT yang membandingkan *spectrum* arus motor normal dan motor yang mengalami kerusakan pada grafik.

2. Hasil dari pengujian NN memiliki hasil keberhasilan 90% keatas, yang dimana pembacaan pada grafik pada *neuron* ke 5 pada percobaan d yang memiliki MSE 1.63E-13.
3. Pada keluaran yang dihasilkan pada prosesan metode NN dapat disimpulkan bahwa hasil pendeteksian kerusakan pada motor induksi dapat terlihat memiliki tingkat keerroran yang kurang dari 5% pada MSEnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abduh, M. et al., 2019, "Deteksi Kerusakan Outer Race Bearing Pada Motor Induksi Melalui Analisa Arus Stator Menggunakan Metode Fast Fourier Transform (FFT)", Prosiding SENIATI , 5(3), 175-181.
- Faiz, A. et al., 2019, "Identifikasi Gangguan Batang Rotor Pada Motor Iduksi Menggunakan Analisa Arus

- stator berbasis Decomposition Wavelet Transform (DWT)*”, CITTE, 24-25 Juli, ISSN: 2085-6350 (1), pp. 90-97.
- Fithrooh, A. H. et al, 2020, “*Diagnosa Eksentrisitas Celah Udara Pada Motor Induksi Melalui Analisa Axial Fluk*”, Media ElektriKa, 12(2), 66-78.
- Hermawan, A. et al., 2019, “*Deteksi Kegagalan Isolasi Pada Belitan Stator Motor Induksi Berbasis Fast Fourier Transform*”, CITTE, 24-25 Juli, ISSN: 2085-6350 (1), pp. 98-102.
- Huda, I. et al, 2019, “*Identifikasi Gangguan Belitan Stator Motor Induksi Metode Wavelet*”, Prosiding SNST ke-10, ISBN: 978-602-52386-1-1 (1), pp. 43-47.
- Iradiratu, D. P. K. et al, 2019, “*Decomposition Wavelet Transform as Identification of Outer Race Bearing Damage Through Stator Flow Analysis in Induction Motor*”, In 2019 International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT) (pp. 733-737). IEEE.
- Iradiratu, D. P. K. et al, 2019, “*Deteksi Kerusakan Inner Race Bearing Menggunakan Motor Current Signature Analysis Berbasis Fast Fourier Transform*”, Jurnal Teknik Elektro dan Komputer TRIAC, 6(1).
- Iradiratu Diah P K, at al, “*Healthy Monitoring and Fault Detection Outer Race Bearing in Induction Motor Using Stator Current*”, ijie, vol. 11, no. 3, sep. 2019.
- Prasetyadi, Y. et al, 2019, “*Fast Fourier Transform (FFT) Untuk Mendeteksi Kerusakan Bola Bearing Pada Motor Induksi Melalui Arus Stator*”, CITTE, 24-25 Juli, ISSN: 2085-6350 (1), pp. 69-73.
- Rohman, F. et al, 2019, “*Identifikasi Kerusakan Inner Race Bearing Pada Motor Induksi Berbasis Dekomposition Wavelet Transform Melalui Analisa Arus Steady State*”, CITTE, 24-25 Juli, ISSN: 2085-6350 (1), pp. 74-81.
- Shodiq, F. et al, 2019, “*Monitoring Kerusakan Batang Rotor Pada Motor Induksi Menggunakan Analisa Arus Stator Berbasis Fast Fourier Transform*”, CITEE, 24-25 Juli.