

IDENTIFIKASI GANGGUAN BELITAN STATOR MOTOR INDUSKI METODE WAVELET

Fahmi Ilman Huda^{*}, Iradiratu D.P.K, Belly Yan Dewantara

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

^{*}Email: fahmiilmanh@gmail.com

Abstrak

Motor induksi merupakan motor yang paling banyak digunakan dalam berbagai aplikasi mulai dari aplikasi di industri-industri besar seperti di industry manufaktur, pertambangan, transportasi, sampai aplikasi di lingkungan rumah tangga. Mekanisme kerusakan pada mesin induksi yang paling umum dapat dikategorikan menurut komponen utama mesin seperti gangguan stator, rotor, dan bearing. Hampir 40% gangguan pada motor induksi terjadi pada bagian stator hal ini bias disebabkan karena hubung singkat pada belitan stator. Maka Pada penelitian ini kerusakan yang dideteksi pada bagian belitan stator dan dilakukan dalam beberapa kondisi, yaitu kondisi tanpa beban dan berbeban. Untuk mengatasi kerugian dari metode sebelumnya, maka deteksi kerusakan belitan stator motor induksi ini menggunakan analisa signal arus motor yang dilengkapi dengan metode wavelet sebagai pertimbangan kerusakan. Oleh karena itu, perlu adanya diagnosis awal yang mendeteksi adanya kerusakan pada belitan stator motor induksi, agar dapat dilakukan perbaikan lebih cepat dan tanggap sebelum terjadi kerusakan yang lebih parah. Serta meminimalisir terjadinya peningkatan getaran, peningkatan kebisingan, peningkatan suhu kerja, kehilangan efisiensi yang dapat menyebabkan kerusakan pada bagian motor induksi yang lain.

Kata kunci : Analisis Sinyal Arus Motor, Belitan stator, Motor Induksi, Metode Wavelet.

1. PENDAHULUAN

Motor induksi merupakan motor yang paling banyak digunakan dalam berbagai aplikasi di industri seperti di industry manufaktur, pertambangan, transportasi sampai aplikasi di lingkungan rumah tangga. Hal ini disebabkan karena motor induksi memiliki berbagai keunggulan dibandingkan dengan motor listrik jenis yang lain, yaitu di antaranya karena andal harganya yang relative murah. Kontruksi yang sederhana dan kuat serta karakteristik kerja yang baik. Meskipun motor induksi cukup handal tetapi pada kenyataannya dapat saja mengalami banyak masalah pada saat beroperasi yang menyebabkan kerusakan total pada motor induksi tersebut (Jusni dan Amir, 2017).

Motor induksi ditempatkan pada lingkungan dan kondisi yang bervariasi yang dapat menimbulkan kerusakan dibagian-bagian motor. Mekanisme kerusakan pada mesin induksi yang paling umum dapat dikategorikan menurut komponen utama mesin seperti gangguan pada stator, rotor, dan bearing. Hampir 40% gangguan pada motor induksi terjadi pada stator, hal ini bisa disebabkan karena hubung singkat pada belitan stator. Hubung singkat pada belitan stator menyebabkan penurunan kecepatan dan peningkatan panas membuat penambahan rugi-rugi. Penelitian ini akan mendeteksi gangguan pada *belitan stator motor induksi tiga fasa* dapat diketahui melalui arus starting menggunakan metode *wavelet*. Yang kemudian diaplikasikan pada motor induksi untuk melakukan deteksi gangguan pada *belitan stator motor*.

Dalam penelitian ini nantinya akan dilakukan beberapa eksperimen berupa rekonstruksi gangguan belitan stator serta pemberian beban mekanis yang bervariasi mulai dari *tanpa beban* dan *menggunakan beban* 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. METODOLOGI

2.1. Kerusakan Sistem Isolasi Belitan Motor Induksi

Gangguan belitan stator akan muncul apabila antar belitannya terhubung singkat pada salah satu fasanya dan hal ini menyebabkan ketidakseimbangannya system karena impedansi salah satu fasanya menurun. Gangguan belitan stator dapat disebabkan oleh beberapa hal seperti kerusakan

akibat betaran, lonjakan tegangan yang tinggi dan panas yang berlebih. Jika ternyata belitan stator terhubung singkat, sebuah arus gangguan akan mengalir pada belitan yang terhubung singkat yang akan menyebabkan *overloading thermal*. Hal ini pada akhirnya akan menyebabkan kerusakan motor. Oleh karena itu tujuan identifikasi gangguan belitan secara dini adalah untuk mendeteksi gangguan pada tahap awal dan mematikan motor untuk mencegah kerusakan yang lebih serius.

Secara umum teknik monitoring dari belitan stator tergantung pada arus motor dan vibrasi. Kombinasi analisis didukung oleh fakta bahwa vibrasi mekanik diasosiasikan dengan variasi dan *air-gap* mesin secara fisik. Kerusakan mekanik pada belitan stator memberikan komponen harmonik dalam spectrum arus pada frekuensi (Restu, 2018).

$$F_{st} = f_s \cdot k \left[\frac{n}{p} (1 - s) \right] \quad (1)$$

Dimana :

F_{st} = Frekuensi Prediksi Kerusakan Belitan *Stator*

f_s = Frekuensi Sumber Listrik (50 atau 60 Hz)

p = Jumlah Pasang Kutub

n & k = Nilai Konstanta

s = Slip Kecepatan

Ketika $k = 1$, frekuensi komponen, yang diinduksi dalam spectrum arus stator, ditumpangkan pada arus fundamental, akan diilustrasikan oleh rumus berikut

$$F_{st} = f_s \left[\frac{n}{p} (1 - s) \right] \quad (2)$$

Untuk empat motor kutub ($p = 2$), persamaan akan terungkap dalam serangkaian komponen berikut

$$f_{st} \begin{cases} \left(\frac{1}{2} \right) f_s (1 - s) & n = 1 \\ f_s (1 - s) & n = 2 \\ \left(\frac{3}{2} \right) f_s (1 - s) & n = 3 \end{cases} \quad (3)$$

Komponen-komponen ini terlihat dalam spectrum frekuensi arus stator, sebagai *sideband* ke puncak fundamental. Ini dapat digunakan sebagai indikator yang baik untuk gangguan hubung singkat stator. Namun, menempatkan $n = 1$ dalam persamaan berikut, bisa kita dapatkan.

2.2. Perancangan Sistem

Sistem deteksi hubung singkat pada belitan stator yang dirancang dalam penelitian ini berbasis kepada metode analisis bentuk spectrum arus stator motor induksi 3 fasa. Untuk membentuk sistem deteksi tersebut diperlukan beberapa peralatan penunjang seperti motor induksi 3 fasa, perangkat pembebanan, serta peralatan akuisisi data terhubung komputer yang dilengkapi dengan *software LabVIEW* dan *MATLAB*

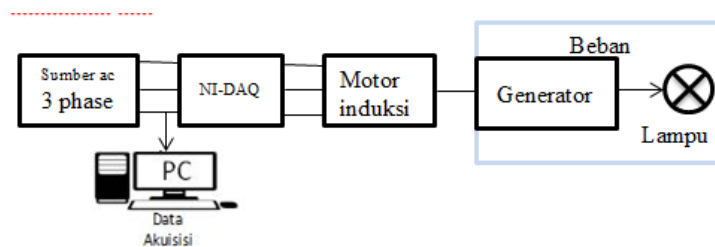
2.3. Transformasi Wavelet

Transformasi wavelet adalah sebuah transformasi matematika yang digunakan untuk menganalisis sinyal bergerak. Metode Transformasi berbasis wavelet merupakan salah satu cara untuk dapat digunakan untuk menganalisis sinyal-sinyal non-stasioner (Istiqomah dkk., 2016). Wavelet terdiri dari beberapa tahapan proses antara lain:

1. Dekomposisi sinyal yang secara garis besar terdiri dari proses pemecahan sinyal melalui low pass dan high pass filter yang memecah seluruh sampling sinyal menjadi dua bagian yang sama approximation dan detail coefficient,

2. Proses transformasi berdasar fungsi skala pada tiap sampling sinyal.
3. Proses rekonstruksi sinyal pada tiap level dekomposisinya yang berlanjut hingga mencapai level dekomposisi yang diinginkan (Rifaldy dkk., 2013).

Wavelet merupakan fungsi matematik yang membagi-bagi data menjadi beberapa komponen frekuensi yang berbeda-beda, kemudian dilakukan analisis untuk masing-masing komponen menggunakan resolusi yang sesuai dengan skalanya. Kepentingan penggunaan Transformasi Wavelet ini berdasarkan fakta bahwa dengan Transformasi Wavelet akan diperoleh resolusi waktu dan frekuensi yang jauh lebih baik daripada metode-metode lainnya seperti Transformasi Fourier maupun Transformasi Fourier Waktu Pendek (STFT=Short Time Fourier Transform), selain itu analisis data pada kawasan waktu dan frekuensi penting dan harus dilakukan untuk mempelajari perilaku sinyal-sinyal non-stasioner, selain itu juga dapat dilakukan analisis data pada kawasan waktu dan amplitudo serta kawasan frekuensi dan daya (spektrum) (Restu, 2018)jus.



Gambar 1. Konfigurasi system deteksi kerusakan belitan stator

Rekonstruksi hubung singkat dilakukan dengan memberikan kecacatan pada bagian belitan stator. Kerusakan dibuat dengan membuat goresan isolasi dikumparnya dan menjampernya. 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. Pengondisian kerusakan belitan stator pada motor induksi dilakukan dengan memberikan kecacatan berupa goresan pada laminasi belitan dan menghubungkan antara fasa 1 dengan yang lain. Rekonstruksi kerusakan pada pengujian dilakukan dengan menggores kumparan dan menjamper kumparan u1/ fase R kerusakan pertama, kerusakan kedua menggores dan menjamper kumparan v1/ fase S dengan kawat tembaga yang berukuran sama dengan kawat tembaga stator 06/065 mm.



Gambar 2. Kerusakan isolasi belitan trun on trun

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini hasil pengujian dapat dianalisis dari data arus motor, dimana pengujian tersebut terbagi menjadi 3 kondisi motor normal dan hubung singkat fase R dan hubung singkat fase S. Kedua data tersebut dibuat perbandingan analisis pada metode *fast fourier transform* (FFT).

a. Nilai Slip Motor Induksi

Nilai slip didapat dari kecepatan rotor secara *real* menggunakan perangkat *thacomater*. Nilai tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 1. Nilai Slip

Kondisi Motor	Nilai slip	Nilai slip
	No load	Hafl load
Normal	0.002	0.024
Trun to trun fase R	0.0007	0.028
Trun to trun fase S	0.0033	0.0267

b. Letak Prediksi spektrum frekuensi belitan stator hubung singkat *trun to trun*

Pada tabel 5 merupakan salah satu pediksi spektrum pada kondisi yang diuji. Langkah - langkah perhitunganya adalah sebagai berikut :

- Pengitungan frekuensi slip

Pada perhitungan ini diambil contoh data pada kondisi No load

$$f_{\text{slip}} = \frac{N_s - N_r}{N_s}$$

$$f_{\text{slip}} = \frac{1500 - 1497}{1500}$$

$$f_{\text{slip}} = 0.002$$

Nilai frekuensi slip yang didapat 0.002 Hz

Perhitungan frekuensi prediksi kerusakan *stator* dengan rumus:

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

$$F_{st} = 50 \left[\frac{1 - 0.002}{2} \right]$$

$$F_{st} = 24.95 \text{ Hz}$$

Nilai frekuensi prediksi kerusakan *stator* yang didapat 24.95 Hz

Perhiungan f_p (frekuensi kerusakan *stator*) dengan rumus :

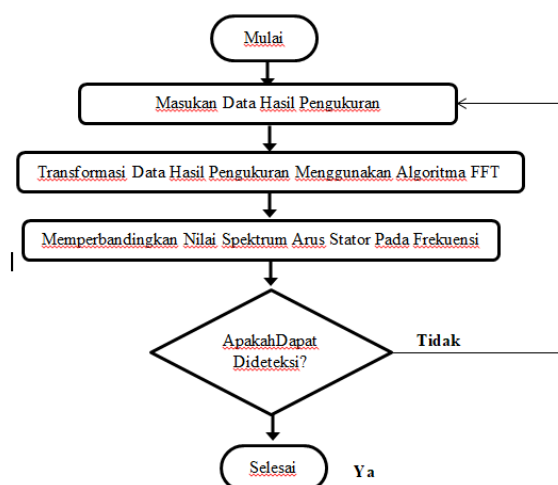
$$f_p = |f_{st} \pm f_s| \text{ dengan parameter kondisi No load}$$

$$f_p = |24.95 + 50 = 74.95|$$

$$f_p = |24.95 - 50 = -25.05|$$

Nilai frekuensi prediksi kerusakan *stator* yang didapat 74.95 Hz dan 25.05 Hz.

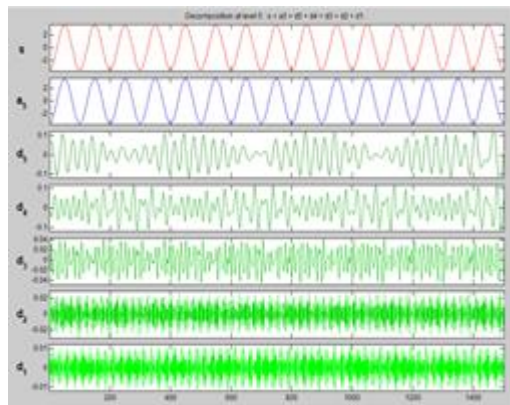
c. Perancangan sistem pengukuran dan pengolahan data



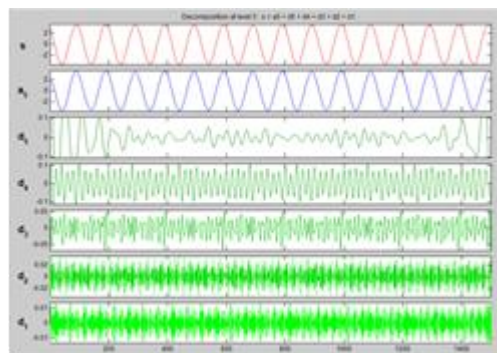
Gambar 3. Flowcart Pengolahan Data Sinyal Arus dan Monitoring Motor Induksi

d. Analisa kerusakan *no load*

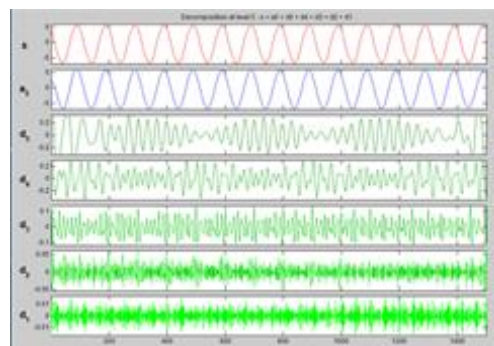
Hasil pengujian dan analisa untuk kerusakan belitan kondisi *trun to turn* No Laod dapat dilihat sebagai berikut



Gambar 4. Perbandingan data sinyal *No load*, kondisi normal.



Gambar 5. Perbandingan data sinyal *No load*, kondisi normal hubung singkat fase R.



Gambar 6. Perbandingan data sinyal *No load*, kondisi normal hubung singkat fase S.

Kondisi Motor	Db		
	Normal	Trun U1/R	Trun V1/S
No load	$2,9872 \times 10^{-14}$	$9,4933 \times 10^{-15}$	$2,528 \times 10^{-10}$

Dalam penelitian ini kerusakan pada belitan *Stator* hubung singkat *turn to turn* sangat mudah terdeteksi menggunakan metode *Wavelet Daubechies* dengan kondisi *no load*. Karna kerusakan belitan *stator* hubung singkat *turn to turn* tersebut sangat mengurangi daya induksi *stator* ke rotor sehingga daya putar rotor menurun dan arus yang dihasilkan juga naik. selain itu nilai keberhasilan deteksi yang terbaik hanya berkisar antara 85-95%.

DAFTAR PUSTAKA

- Istiqomah, Dimas Anton Asfani, Dedet Candra Riawan, Deteksi kerusakan batang rotor pada motor induksi menggunakan analisis arus mula berbasis hilbert transform, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016Pasaribu, H.R., (2005), Friction and Wear of Zirconia and Alumina Ceramics Doped with CuO, *PhD Thesis*, University of Twente, Enschede, Netherlands.
- Jusni Surfrianti, Amir Hanzah, Simulasi dan deteksi gangguan belitan stator motor induksi tiga fasa menggunakan arus starting dengan matlab/simulink, Fakultas Teknik, Universitas Riau, 2017Anonimus. *Renewable Energy*. www.guardian.co.uk. Diakses: 28 Juni 2012, jam 13.30.
- Rifaldy Swasetyasaki, Mochamad Ashari, Teguh Yuwaono, Deteksi Kerusakan roto bar motor induksi menggunakan analisis arus output inverter berbasis wavelet, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), 2013Hovmand, S., (1995), Fluidized Bed Drying, in Mujumdar, A.S. (Ed.). *Handbook of Industrial Drying*, 2nd Ed., Marcel Dekker, New York, pp. 195-248.
- Restu Mukti Utomo, Analisa pemilihan filter wavelet pada motor induksi tida fasa untuk deteksi ketidakseimbangan celah udara, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018
- .