

ANALISA GANGGUAN STATOR MOTOR INDUKSI FASA 3 DENGAN METODE CURRENT SIGNATURE ANALISIS DAN MONITORING TEMPERATUR

Dede Zaenal¹

¹Prodi Teknik Elektro UNPAM
Jln. Puspiptek Raya No 46 Buaran, Setu - Tangerang Selatan 15310

Dedezaenalbt@yahoo.com

ABSTRAK

Gangguan isolasi pada lilitan *stator* akan mengakibatkan tambahan hubung singkat pada lilitan, tambahan kenaikan temperatur, dan semakin memperpendek umur isolasi lilitan. Analisa kerusakan pada *stator* motor induksi sangat dibutuhkan untuk mencegah kerusakan yang lebih besar yang dialami oleh motor induksi fasa tiga. Penelitian ini akan dibahas mengenai analisa gangguan *stator* motor induksi fasa tiga dengan mendeteksi perubahan arus, memonitor perubahan temperatur dan menganalisa spektrum gelombang *Fast Fourier Transform* (FFT) dari signal arus yang diakibatkan dari gangguan hubung singkat lilitan *stator*. Gangguan *stator* yang dianalisa adalah gangguan hubung singkat satu fasa (*short turn fault*) dengan variasi gangguan 20%, 25% dan 30%, dengan menggunakan motor induksi fasa 3 jenis sangkar tupai serta metode deteksi *motor current signature analysis* (MCSA) dengan menganalisa spektrum gelombang FFT (*fast fourier Transform*) dari signal arus motor induksi menggunakan *software* LabView dan *hardware* NI USB 6009, serta menganalisa perubahan temperatur motor induksi dengan memperhatikan perbedaan nilai temperatur antara lilitan normal dan lilitan yang mengalami gangguan saat kondisi motor tanpa beban dan dengan beban 25% dan beban 50%. Sensor IC LM35 sebagai sensor temperatur yang diletakan pada lilitan *stator* normal dan lilitan *stator* yang mengalami gangguan *stator* pada motor induksi fasa 3. Gangguan *stator* motor induksi fasa 3 mengakibatkan meningkatnya nilai arus saat terjadi gangguan pada salah satu fasa nya, dan peningkatan nilai arus tersebut berbanding lurus dengan persentase jumlah gangguan yang terjadi. Kenaikan nilai temperatur pada lilitan yang mengalami gangguan lebih cepat meningkat saat terjadi gangguan *stator* dan terjadi perbedaan nilai temperature antara lilitan normal dan lilitan yng mengalami gangguan. Gagan *stator* juga mempengaruhi nilai slip motor induksi fasa 3 dimana nilai slip Semakin meningkat saat terjadi gangguan begitupula nilai torsi motor semakin meningkat saat *stator* mengalami gangguan kenaikan nilai slip dan torsi terlihat signifikan saat motor diberikan beban. Perbedaan spektrum gelombang FFT arus sangat terlihat antara kondisi motor normal dan mengalami gangguan, noise frekuensi pada signal yang dihasilkan pada sepkrum gelombang FFt semakin bertambah dan nilai noise pada masing – masing pengujian memiliki peningkatan nilai seiring dengan bertambahnya persentase kerusakan *stator* motor induksi fasa 3.

Kata kunci: Motor induksi fasa 3, Motor Current Signature Analysis (MCSA), gangguan stator sefasa, FFT (fast fourier transform), LabView

ABSTRACT

3 Phase Induction Motor Stator Interference Analysis with Motor Current Signature Analysis and Temperature Monitoring. *The isolation noise on the stator winding will result in additional short circuit in the winding, additional temperature rise, and further shortening the life of the winding insulation. Damage analysis on the induction motor stator is needed to prevent the greater damage experienced by the three phase induction motors. This research will discuss about the analysis of stator induction of three phase induction motors by detecting current changes, monitoring temperature changes and analyzing the Fast Fourier Transform (FFT) wave spectrum of the current signal resulting from the short circuit breakdown of stator windings. The stator disturbance analyzed is a short-circuit fault with 20%, 25% and 30% disturbance variation, using 3 phase induction motors of squirrel cages as well as current signature*

analysis motor (MCSA) detection method by analyzing the wave spectrum FFT (fast fourier transform) of the induction motor current signal using labView software and hardware NI USB 6009, and analyzes the induction motor temperature change by observing the difference of temperature value between normal winding and winding which is disrupted at motor condition without load and with load 25% and load 50%. LM35 IC sensor as a temperature sensor placed on normal stator winding and stator windings that suffered stator disturbance in phase 3 induction motors. The stator induction of the 3 phase induction motors results in an increase in the current value during an interruption of one of its phases, and the increase of the current value is directly proportional to the percentage of the number of disturbances. The increase of temperature value on the winding that experienced faster interference increased during stator disturbance and there is a difference of temperature value between normal winding and winding yang experience disturbance. Stator's doubts also affect the slip value of induction motor of phase 3 where the slip value is Increased during interruption as well as the motor torque value increases as the stator experiences an increase in slip value and torque is noticeable when the motor is loaded. The difference of current wave FFT spectrum is very visible between normal motor condition and disturbance, frequency noise in signal generated at wave FFT spectrum increase and noise value in each test has increased value along with increasing percentage of stator damage of induction motor of phase 3.

Keywords :3 phase induction motor, Current Signature Analysis (MCSA) motor, stator interruption in phase, FFT (fast Fourier transform), LabView

PENDAHULUAN

Survei gangguan telah melaporkan bahwa dari gangguan motor disebabkan oleh gangguan terkait bantalan (Bearing) sebesar 40%, oleh gangguan lilitan stator sebesar 38%, oleh gangguan terkait rotor sebesar 10% dan oleh gangguan campuran yang mempengaruhi bagian lain dari motor induksi sebesar 12%. Hal ini jelas bahwa lilitan stator adalah salah satu sumber yang sering mengalami kerusakan di motor induksi. Gangguan isolasi pada lilitan stator mengakibatkan hubung singkat pada belitan, kenaikan *temperature* motor, dan mempersingkat usia isolasi lilitan.

Hubung singkat dari sejumlah kecil putaran tidak memiliki tanda - tanda fisik yang besar, tetapi dapat mengakibatkan terjadinya gangguan isolasi dalam waktu yang *relative* singkat, dalam hal ini dibutuhkan analisis untuk mendeteksi gangguan kerusakan khususnya pada gangguan lilitan *stator* sehingga dapat mengantisipasi kemungkinan terjadi tingkat kerusakan yang lebih besar pada lilitan stator.

Untuk mendeteksi gangguan yang diakibatkan dari lilitan stator dibutuhkan seperangkat sistem yang mampu memantau

kondisi motor, salah satu metode analisis salah satunya adalah *Data Acquisition System (DAS)*. Fungsi utama dari *DAS* adalah untuk mengolah sinyal dari sensor yang biasanya berupa sinyal analog yang dirubah menjadi sinyal digital, kemudian sinyal digital tersebut diberikan kepada sistem berikutnya untuk kemudian diolah dan dimanfaatkan.

Dalam pendeteksian kerusakan motor dibutuhkan metode khusus yang digunakan dalam penelitian dan *MCSA (Motor Current Signature Analysis)* adalah metode analisis yang sangat sering dipergunakan untuk mendeteksi gangguan kerusakan motor induksi dan salah satunya adalah kerusakan *stator* motor.

Sesuai dengan analisa pada pernyataan diatas penelitian memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Membuat Program data akuisisi dengan menggunakan *software* labview untuk monitoring dampak dari gangguan *short turnstator* motor induksi fasa tiga.
2. Mengetahui perubahan nilai arus dan nilai temperatur yang dihasilkan motor induksi fasa tiga ketika dalam kondisi *stator* mengalami gangguan.
3. Mengetahui perubahan bentuk spektrum gelombang FFT dari *signal*

arus saat kondisi normal dan mengalami gangguan.

4. Mengetahui dampak gangguan *short turnstator* motor induksi fasa tiga terhadap efisiensi, torsi, slip.

TEORI

Motor Induksi Tiga Fasa

Motor induksi tiga Fasa adalah salah satu jenis motor listrik arus bolak balik (AC) yang dimana nilai putaran rotornya berbeda nilai putaran medan *stator*, dan dapat juga dikatakan bahwa nilai putaran rotor dengan nilai putaran pada medan *stator* memiliki selisih putaran dan hal ini yang disebut dengan slip.

Motor induksi adalah salah satu motor dengan konstruksi yang baik, harganya *relative* lebih murah serta mudah untuk melakukan pengaturan pada kecepatan, stabil saat dibebani dan memiliki efisiensi yang tinggi. Motor induksi saat ini paling banyak digunakan dalam dunia industri baik skala besar maupun kecil, dan banyak pula digunakan dalam kebutuhan rumah tangga. Motor induksi hanya memiliki satu suplai tenaga listrik yang mengeksitasi lilitan *stator*. lilitan *stator* yang di eksitasi oleh tenaga listrik menginduksi lilitan rotor dengan menggunakan perubahan medan magnet yang disebabkan dari arus lilitan *stator* hal ini dilakukan karena belitan rotor tidak terhubung langsung kepada sumber tenaga listrik.

Prinsip Kerja Motor Induksi Tiga Fasa

Prinsip kerja motor induksi tiga Fasa didapat berdasarkan pada hukum *Faraday* dimana tegangan induksi akan ditimbulkan oleh perubahan induksi magnet pada suatu lilitan dan hukum *Lorentz* dimana perubahan magnet akan menimbulkan gaya, hal ini dijelaskan sebagai berikut:[2]

1. Jika sumber tegangan tiga fasa dihubungkan pada kumparan *stator*, maka akan timbul medan putar *stator* dengan kecepatan:

$$n_s = \frac{120 \cdot f}{P}$$

dengan:

n_s = Kecepatan medan putar *stator* (rpm)

f = Frekuensi jaringan (Hz)

P = Jumlah kutub

2. Medan putar *stator* akan memotong batang konduktor pada rotor, sehingga akan timbul gaya gerak listrik (ggl) induksi pada kumparan *stator*.
3. Rangkaian rotor merupakan rangkaian tertutup, maka akan timbul arus (I) pada kumparan motor hal ini dikarenakan adanya ggl induksi yang yang dihasilkan dari kumparan *stator*.
4. Adanya arus (I) di dalam medan magnet akan menimbulkan gaya mekanik (F) pada rotor. Jika torsi mula (Te) yang dihasilkan oleh gaya rotor cukup besar untuk memikul torsi beban (TL), maka rotor akan berputar searah dengan medan putar *stator* dengan kecepatan putar rotor n_r .
5. Perbedaan antara n_s dan n_r disebut dengan slip (S), dinyatakan dengan:
$$S = \left(\frac{n_s - n_r}{n_s} \right) \times 100\%$$
6. Apabila $n_s = n_r$ maka tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak mengalir pada kumparan jangkar rotor, sehingga tidak akan timbul torsi (Te). Torsi akan timbul apabila n_r lebih kecil dari n_s .

Effisiensi Motor Induksi

Efisiensi motor induksi adalah salah satu parameter yang dipergunakan untuk mengetahui keefektifan motor induksi yang berfungsi mengubah energi listrik menjadi energi mekanis serta sebagai perbandingan antara daya masukan dan daya keluaran atau dalam bentuk energi listrik berupa perbandingan watt keluaran dan watt masukan. Berdasarkan NEMA definisi efisiensi energi adalah bahwa efisiensi merupakan perbandingan atau rasio dari

daya keluaran yang berguna terhadap daya input total, biasanya hal ini dinyatakan dalam persen dan juga sering dinyatakan sebagai perbandingan antara keluaran dengan masukan dan ditambahkan nilai rugi-rugi, jika dirumuskan dalam persamaan maka definisi efisiensi adalah sebagai berikut: 2.4. [1]

$$\text{Eff} = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} = \frac{P_{\text{out}} - P_{\text{loss}}}{P_{\text{in}}} = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}} + P_{\text{loss}}} \times 100 \%$$

Slip Motor Induksi

Tegangan induksi pada rotor motor tergantung pada kecepatan rotor terhadap medan magnet *statonya*. Pada motor induksi kecepatan rotor pasti tidak akan pernah sama dengan kecepatan medan magnet *statonya*. Terjadinya perbedaan antara dua kecepatan tersebut dikarenakan terdapat adanya slip/geseran yang meningkat, seiring dengan meningkatnya beban. Slip ini hanya terjadi pada motor induksi dan besarnya slip dapat dirumuskan sebagai berikut: [4]

$$\text{Slip (s)} = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100\%$$

Dengan:

s = Slip

n_s = Kecepatan medan putar *stator* (rpm)

n_r = Kecepatan putar rotor (rpm)

Temperatur Motor Induksi

National Electrical Manufacturing Association (NEMA) menjelaskan temperatur rise didefinisikan sebagai kenaikan temperatur motor melebihi temperatur ambient. Temperatur ambient adalah temperatur udara disekitar motor atau dapat disebut sebagai temperatur ruang pada motor.

Jumlah dari temperatur rise dan temperatur ambient adalah jumlah dari keseluruhan panas pada motor.

Isolasi temperatur pada motor induksi dibagi menjadi beberapa kelas dan dapat dijelaskan sesuai dengan

tabel klasifikasi dibawah ini (temperatur ambient tidak lebih dari 40° C).

Tabel 1. Tabel klasifikasi kenaikan temperatur motor induksi

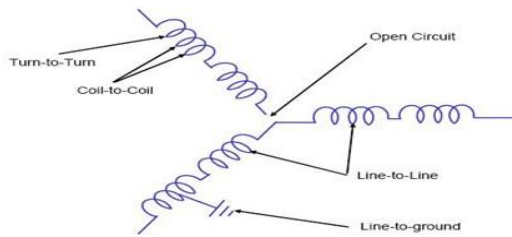
No	Motor Rating	Insulation Class and Temperatur Rise °C			
		A	B	F	H
1	All horsepower (or kW) ratings	60	80	105	125
2	1500 hp (1120 kW) and less	70	90	115	140
3	Over 1500 hp (1120 kW) and 7000 volt or less	65	85	110	135
4	Over 1500 hp (1120 kW) and over 7000 volt	60	80	105	125

Gangguan Stator Motor Induksi

Gangguan *stator* terbagi menjadi dua jenis, yaitu:

1. gangguan di belitan *stator*
2. gangguan di inti *stator*.

Penyebab gangguan pada belitan *stator* adalah disebabkan dari temperatur yang tinggi pada inti *stator* dan belitan *stator*, terkontaminasi minyak, lembab, kerusakan di ujung belitan, hubung singkat, akibat pembebanan, pengasutan belitan, *electric discharge*, dan kebocoran pada system pendinginan. [6] Gangguan *stator* yang paling umum terkait dengan belitan *stator* motor induksi adalah: fase - ground, fasa - fasa dan hubung singkat kumparan dari fasa yang sama atau berbeda. Menurut survei, 35-40% kegagalan motor induksi disebabkan oleh gangguan lilitan *stator*. Selain itu, umumnya diyakini bahwa sebagian besar gangguan *stator* yang terjadi dalam satu fase yang sama. Jenis kesalahan ini disebut sebagai "*stator turn fault*". Gambar 1 di bawah ini menunjukkan skema dari gangguan hubung singkat motor induksi tiga fase. [7]



Gambar 1. Skema Hubung Singkat Stator

Terlepas dari penyebabnya, kegagalan terkait *statomotor* induksi dapat dibagi menjadi lima kelompok:

- Hubung singkat *turn – turn*
- Hubung sigkat *coil - coil*
- Hubung singkat *Fase – fase*
- Hubung singkat *Fase – Ground*
- Open circuit* lilitan stator

Di antara lima mode gangguan stator diatas, gangguan hubung singkat *turn - turn*(*stator turn fault*) telah dianggap menjadi gangguan yang paling sering terjadi, karena jenis gangguan stator lainnya biasanya merupakan gangguan yang diakibatkan dari gangguan stator *turn*. [7]

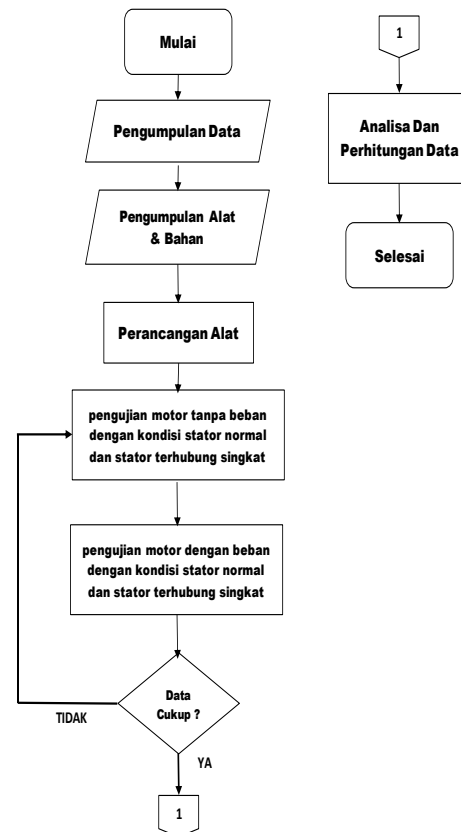
METODOLOGI

Metode penelitian dalam penelitian ini adalah *study literature* dan *ekperimen*. *Study literature* adalah dengan mengumpulkan data tentang gangguan stator motor induksi fasa 3 dan teori tentang temperatur motor induksi dari berbagai referensi dan *ekseperimen* yang dilakukan melakukan pengujian motor induksi dengan menggunakan data akuisisi NI USB 6009 dan didukung oleh software labview sebagai penampil data arus, tegangan dan temperatur serta spektrum gelombang *Fast Fourier Transform*) FFT dari signal arus motor.

Rancangan Penelitian

Dalam penelitian terhadap analisa gangguan stator motor induksi fasa 3, ada beberapa tahapan yang harus ditempuh berdasarkan flow chart yang telah dibuat. Dari flow chart tersebut dapat dijelaskan metode pengambilan data yang akan

dilakukan oleh peneliti. Adapun flow chart penelitian ditunjukkan pada gambar 2

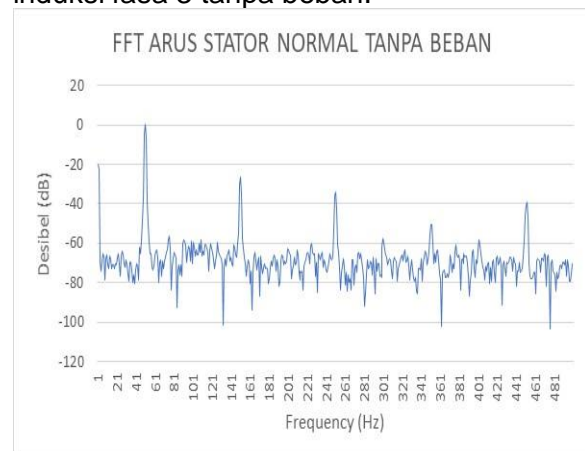


Gambar 2. Flow Chart Penelitian

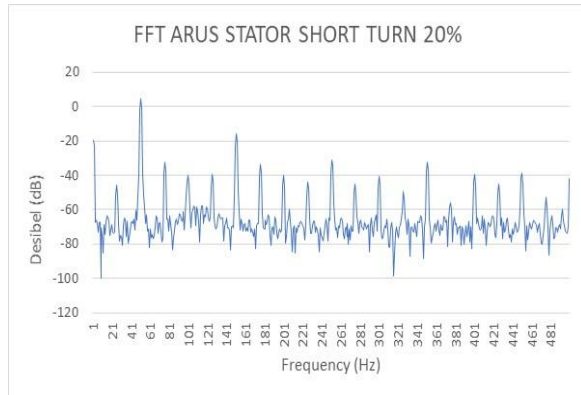
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran FFT Arus

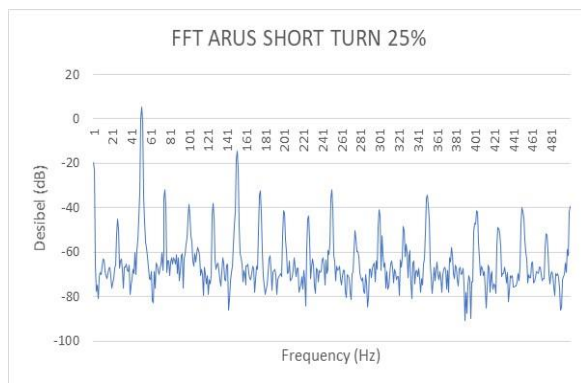
Hasil pengukuran spektrum gelombang FFT pada pegujian gangguan stator motor induksi fasa 3 tanpa beban.



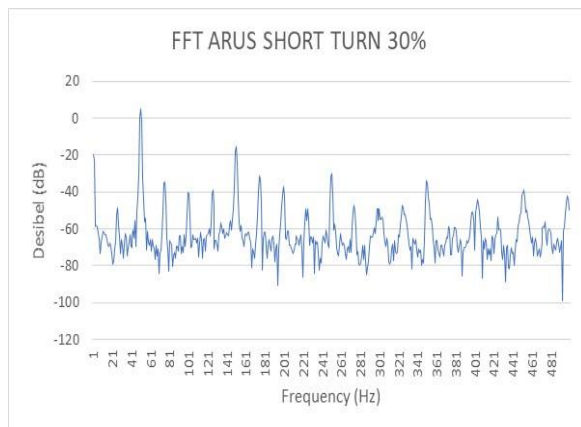
Gambar 3. FFT arus stator normal



Gambar 4. FFT arus short turn 20%



Gambar 5. FFT arus short turn 25%



Gambar 6. FFT Arus short turn 30%

pengukuran gelombang FFT arus gangguan motor induksi motor induksi tanpa beban.

Tabel 2. Rekapitulasi FFT arus

Frekuensi (Hz)	Amplitudo (dB)			
	Normal	Short turn 20%	Short turn 25%	Short turn 30%
26		-45,633	44,952	48,375
51	0,392	4,638	5,453	5,26
76		-32,530	31,615	34,627
100				40,062
101		-40,311	38,529	
126		-39,547	38,167	38,745
151	-26,606	-15,611	14,372	15,051
175				31,005
176		-33,774	32,255	
200			41,329	37,300
201		-40,203		
226		-43,679	43,795	49,257
251	33,788	-30,889	31,977	30,165
274				47,156
275			50,314	
276		-44,861		
300			40,971	
301		-40,408		49,386
325			48,552	47,177
326		-49,717		
350				33,658
351	-50,596	-32,164	33,999	
401		-39,130		
402			41,229	
404				44,172
425			49,032	53,446

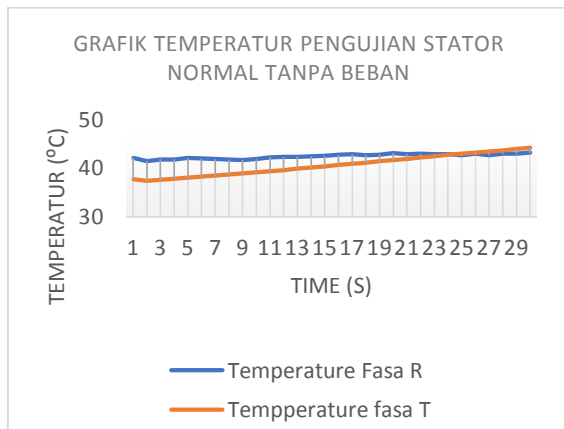
Tabel Pengukuran FFT Arus

Hasil pengukuran spektrum gelombang FFT arus yang telah dilakukan maka untuk memudahkan dalam perbandingan noise frequency yang dihasilkan dibuatkan tabel rekapitulasi noise frequency pada gelombang FFT arus motor induksi tanpa beban, berikut ini table 2 hasil rekapitulasi noise frequency yang dihasilkan dari

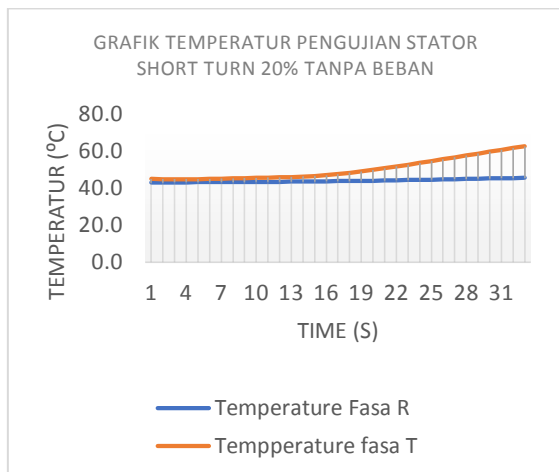
426		-		
		445,019		
450			-	
			39,871	
451		-38,484		
452	-			-
	38,820			39,213
475			-	-
			51,512	55,952
476		-52,544		

Pengukuran temperatur lilitan motor

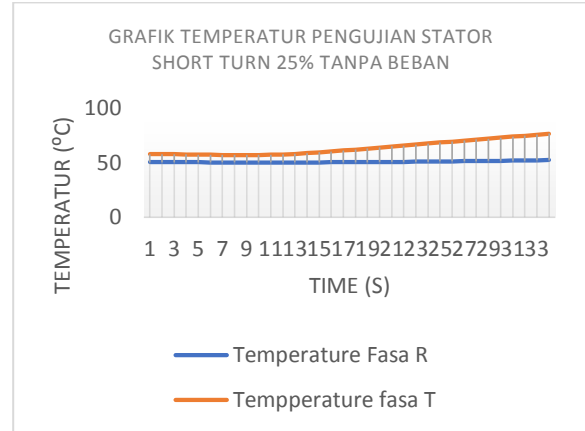
Berikut ini adalah hasil pengukuran temperature lilitan pada pegujian gangguan stator motor induksi fasa 3 tanpa beban.



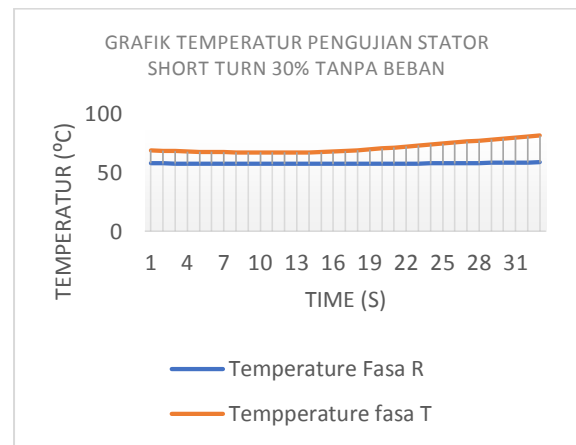
Gambar 7.Temperature stator normal



Gambar 8. Temperatur short turn 20%



Gambar 9 Temperatur Short turn 25%



Gambar 10 Temperatur short turn 30%

Perhitungan Slip Dan Torsi Motor

Perhitungan slip, eefisiensi dan torsi motor induksi fasa 3 ini berdasarkan data yang didapat dari pengujian gangguan stator motor induksi fasa tiga tanpa beban. Kemudian data yang didapatkan dari pengujian tersebut dimasukan kedalam perhitungan berdasarkan teori motor induksi fasa 3 yang telah dibahas Berikut ini tabel hasil perhitungan slip, effisiensi dan torsi motor induksi fasa 3 pada pengujian gangguan stator motor induksi tanpa beban.

Tabel 3. Perhitungan motor tanpa beban

PENGUJIAN MOTOR INDUKSI FASA 3 TANPA BEBAN													
KONDISI STATOR	Voltage (V)	Arus (A)	Freq (Hz)	n_r (RPM)	COS Phi	P_{in} (w)	(I^2R) Rotor	P_{in} (RPM)	n_s (RPM)	slip (%)	P_m (watt)	T_m (nm)	Effisiensi (%)
Normal	407,75	0,475	49,9	1497	0,32	107,4	23,0	84,43	1497,5	0,0313	84,41	0,54	78,6
Short Turn 20%	408,21	0,641	50,0	1488	0,28	127,0	40,5	86,5	1501,3	0,8887	85,73	0,55	67,5
Short Turn 25%	407,81	0,687	49,9	1487	0,26	126,2	46,3	79,9	1497,8	0,7064	79,28	0,51	62,8
Short Turn 30%	408,16	0,690	49,9	1487	0,25	121,9	46,6	75,3	1497,6	0,6801	74,83	0,48	61,4

Tabel 4. Tabel perhitungan dengan beban

PENGUJIAN MOTOR INDUKSI FASA 3 DENAGN BEBAN 25%													
KONDISI STATOR	Voltage (V)	Arus (A)	Freq (Hz)	n_r (RPM)	COS Phi	P_{in} (w)	(I^2R) Rotor	P_{in} (RPM)	n_s (RPM)	slip (%)	P_m (watt)	T_m (nm)	Eff (%)
Normal	409,91	0,476	50,0	1334	0,59	199,4	23,0	176,35	1500,5	11,10	156,66	1,12	78,6
Short Turn 20%	409,99	0,659	50,1	1329	0,49	229,4	42,8	186,64	1503,9	11,60	164,87	1,18	71,9
Short Turn 25%	408,99	0,702	50,1	1315	0,48	238,7	48,4	190,34	1502,5	12,45	166,51	1,21	69,8
Short Turn 30%	408,95	0,718	50,0	1316	0,47	239,1	50,5	188,59	1501,2	12,35	165,18	1,20	69,1

PENGUJIAN MOTOR INDUKSI FASA 3 DENAGN BEBAN 50%													
KONDISI STATOR	Voltage (V)	Arus (A)	Freq (Hz)	n_r (RPM)	COS Phi	P_{in} (w)	(I^2R) Rotor	P_{in} (RPM)	n_s (RPM)	slip (%)	P_m (watt)	T_m (nm)	Eff (%)
Normal	410,23	0,609	50,1	1258	0,68	294,5	37,8	256,69	1501,7	16,21	214,91	1,63	73,0
Short Turn 20%	410,41	0,830	50,1	1200	0,63	371,8	67,8	304,01	1502,8	20,16	242,51	1,93	65,2
Short Turn 25%	408,57	0,928	50,0	1179	0,62	407,3	84,6	322,74	1501,3	21,47	253,23	2,05	62,2
Short Turn 30%	408,85	0,947	50,0	1176	0,62	415,7	87,7	327,97	1501,0	21,63	256,82	2,08	61,8

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian gangguan motor induksi fasa yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Program Data Aquisition System (DAS) menggunakan perangkat lunak LabView dan perangkat keras NI USB 6009 dapat memonitoring kerusakan motor induksi fasa 3 terutama pada kerusakan stator short turn dengan menggunakan Metode Current Signature Analysis (MCSA).
2. Pada saat terjadi gangguan short turn stator motor induksi terjadi perubahan nilai arus motor induksi fasa tiga, nilai arus semakin meningkat seiring dengan meningkatnya nilainya persentase gangguan short turn stator, begitu pula pada nilai temperatur lilitan yang

terhubung singkat, nilai temperature semakin meningkat pada saat terjadi gangguan short turn stator, nilai yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan nilai temperatur pada lilitan normal.

3. Bentuk spektrum gelombang FFT arus menghasilkan bentuk gelombang yang yang memiliki noise di beberapa frequency pada saat terjadi gangguan stator, bentuk gelombang yang dihasilkan memiliki nilai magnitude (dB) yang semakin meningkat dan jumlah noise pada frequency yang semakin meningkat apabila dibandingkan dengan bentuk gelombang FFT arus ketika stator dalam keadaan normal.
4. Dampak yang di timbulkan dari gangguan short turn stator terhadap nilai slip yang dihasilkan semakin rendah dalam kondisi motor berbeban, dan nilai efisiensi motor yang semakin rendah ketika motor mengalami gangguan short turn stator, dan dampak yang ditimbulkan gangguan short turn stator terhadap nilai torsi yang semakin besar pada saat motor dalam kondisi berbeban.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam penyusunan penelitian ini, saya ucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Hendro Tjahjono
2. Bapak Syaiful B., S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.
3. Bapak Seflahir D., S.T., M.Pd.T.
4. Teman - teman yang telah membantu dalam proses penelitian yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kuswoyo, D. 2016. "Sistem Proteksi Motor Induksi 3 Fasa Dari Gangguan Tidak Seimbang dan Temperatur Lebih Menggunakan Mikrokontroler".
- [2] Imamuudin, T. 2016. "Implementasi Metode *Soft Starting* Pada Motor Induksi 3 Fasa".
- [3] Anthony. Z, 2014. "Motor Induksi"

- [4] Ghazali, R. 2011. “Metode perhitungan efisiensi motor induksi”.
- [5] Tugino, 2009 “Rekayasa Sistem Monitoring dan Analisis Temperatur Motor Listrik Berbasis Komputer”. JFN, Vol 3 No. 2, November 2009 ISSN 1978-8738
- [6] Jusni Sufrianti, Amir Hamzah, “Simulasi Dan Deteksi Gangguan Belitan *Stator* Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Arus *Starting* Dengan Matlab/*Simulink*”, Jom FTEKNIK Volume 4 No.1 Februari 2017
- [7] Kiran G Mathure, Uttam B Vaidya, “*Simulation Of Stator Winding Fault Of Three Phase Induction Motor Using Motor Current Signature Analysis*”, IJETST- Vol.03 Issue 08 Pages 09-13 August 2016 ISSN 2348-9480.
- [8] *Munthe, C. 2011. Rancang Bangun Alat Ukur Densitas dan Dosis Radiasi Sinar-X Pada Film Badge Dengan Menggunakan Sensor Cahaya CI-6504A Berbasis Labview.*
- [9] Texas Instruments, 2016. *LM35 Precision Centrigade Temperatur Sensors.*
- [10] Ade Kurniawan Putra, Dimas Anton Asfani, Dedet Candra Riawan, “Desain Peralatan Pendeteksi Gangguan Hubung Singkat Belitan *Stator* Motor Induksi Menggunakan Arus *Online* Berbasis *Mikrokontroler*”, JURNAL TEKNIK ITS Vol. 4, No. 2, (2015) ISSN: 2337-3539.