
RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI MOTOR INDUKSI PHASA TIGA BERBASIS NI USB 6009

Ivan Hendrawan¹

¹Prodi Teknik Elektro UNPAM
Jln. Puspipetek Raya No 46 Buaran, Setu - Tangerang Selatan 15310
ivan_kaliman@yahoo.com

ABSTRAK

Motor induksi didunia industri diharuskan bekerja dengan baik dan aman, tetapi banyak sekali jenis-jenis gangguan yang berpotensi untuk mengganggu fungsi dan kerja dari motor induksi itu sendiri. Diantara gangguan-gangguan yang dapat terjadi yaitu: tegangan lebih (*Over Voltage*), tegangan kurang (*Under Voltage*), arus lebih (*Over Current*), panas lebih (*Over Heat*), kecepatan putaran lebih (*Over Speed*) dan kecepatan putaran kurang (*under speed*). Sistem kendali pada penelitian ini dibuat agar dapat mempermudah kendali *temperature* dan kecepatan motor induksi tiga phasa, sedangkan untuk gangguan yang tidak bisa dikendalikan maka akan dilakukan pengamanan, sistem pengaman ini dirancang untuk mengamankan kerja motor induksi phasa tiga dari gangguan tegangan lebih (*Over Voltage*), tegangan kurang (*Under Voltage*) dan arus lebih (*Over Current*). Perangkat lunak yang digunakan dalam sistem ini menggunakan Labview 2014, Data dari pengukuran sensor akan diolah oleh NI USB 6009 yang memudahkan dalam kendali motor induksi tiga phasa dan mengamankan gangguan yang tidak bisa dikendalikan. Dari hasil pengujian kendali kecepatan kurang akibat pembebanan motor maka menghasilkan nilai arus dan slip pada motor induksi phasa 3 yang semakin besar seiring penurunan kecepatan. Hasil pengujian kendali temperatur lebih akibat ketidakseimbangan tegangan terdapat perbedaan grafik kenaikan suhu pada saat adanya ketidakseimbangan tegangan dimana ketidakseimbangan tegangan sebesar 6,05 % grafik kenaikan suhunya lebih cepat dibanding ketidakseimbangan tegangan 3,22%. Untuk hasil pengujian semua sensor memiliki rata-rata nilai kesalahan yang relative kecil yaitu untuk sensor tegangan sebesar 0,13%, sensor arus sebesar 2%, sensor temperatur sebesar 0,14% dan sensor kecepatan sebesar 0,001%, sedangkan untuk ketepatan trip arus lebih sebesar 1,6 %.

Kata kunci : motor induksi, NI USB 6009, Labview, sistem kendali

ABSTRACT

Design of Three Phase Induction Motor Control Systems Based on NI USB 6009. *Induction motors in industry are required to work properly and safely properly, but there are many types of interference that can potentially interfere with the function and work of the induction motor itself. Among the disturbances that can occur are: Over voltage, Over current, Over heat, Over speed and under speed. The control system in this study was made in order to facilitate the control of temperature and speed of three-phase induction motors, while for uncontrolled interference, security will be carried out, this safety system is designed to secure the work of three-phase induction motors from over voltage disturbances, Under Voltage and Over Current. The software used in this system uses Labview 2014 which data from sensor measurements will be processed by NI USB 6009 which facilitates the control of three-phase induction motors and secures uncontrolled interference. From the results of testing the lack of speed control due to motor loading, the resulting value of current and slip on the phase 3 induction motor which is getting bigger as the speed decreases. The results of temperature control testing are more due to voltage imbalance there are differences in temperature rise graphs when there is a voltage imbalance where the voltage imbalance of 6.05% graphs the temperature rise is faster than the voltage imbalance of 3.22%. For the test results all sensors have an average error value that is relatively small, namely for a voltage sensor of 0.13%, a current sensor of 2%, a temperature sensor of 0.14% and a speed sensor of 0.001%, while for the accuracy of an overcurrent trip by 1.6%.*

Keywords: Induction Motor, NI USB 6009, Labview, Control System

PENDAHULUAN

Motor induksi adalah mesin listrik yang banyak digunakan di dunia industri, yaitu sebagai penggerak pada peralatan-peralatan produksi seperti *conveyor*, *crusher*, *Blower*, pompa dan lain-lain. Sesuai dengan peran dan fungsinya, maka motor induksi harus bekerja dengan baik dan aman, tetapi dilapangan terkadang terdapat gangguan yang dapat berpotensi mengganggu fungsi dan kerja dari motor induksi itu sendiri. Diantara gangguan-gangguan yang dapat terjadi yaitu: *Over Voltage*, *Under Voltage*, *Over Current*, *Over Heat*, *Over Speed* dan *Under Speed*. Jenis gangguan dapat disebabkan oleh banyak hal. Untuk mengetahui jenis gangguan harus dilakukan analisa terhadap nilai kerja motor (tegangan, arus, suhu, kecepatan putaran) pada saat gangguan terjadi. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan sensor-sensor, yang kemudian dieleh oleh NI USB 6002 sehingga dapat dilakukan proses monitoring dengan mencatat hasil pengukuran pada PC (*Personal Computer*).

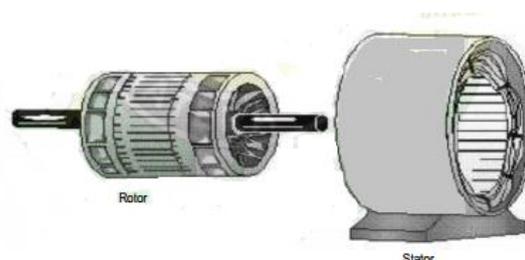
Setelah monitoring dilakukan, maka jenis gangguan dapat dianalisa dan dijadikan indikasi awal untuk mencegah terjadinya kerusakan pada motor induksi. Setelah monitoring dilakukan maka untuk mengatasi gangguan temperatur dan kecepatan yang dapat dikendalikan maka dibuat sistem kendali temperatur dan kecepatan motor induksi fasa tiga. Untuk mengatasi gangguan yang tidak bisa dikendalikan maka diperlukan suatu sistem pengaman yang dapat mengamankan motor induksi, dimana sistem pengaman ini akan bekerja untuk mengamankan motor induksi pada saat terjadi gangguan dengan cara memutus input listrik ke motor induksi, sehingga kerusakan pada motor induksi dapat dicegah.

TEORI

Motor induksi fasa tiga

Motor induksi banyak digunakan di industri, karakteristik kerja motor induksi yang baik dan konstruksinya yang kuat. Motor induksi terdiri dari rotor dan stator. Bagian yang bergerak pada motor induksi

disebut rotor, sedangkan Bagian yang diam pada motor induksi disebut stator. Antara stator dengan rotor ada celah dengan jarak yang sangat kecil. Konstruksi motor induksi dapat dilihat pada gambar 1. (Sirait, 2008 : 5)



Gambar 1. Konstruksi motor induksi

Cara kerja motor induksi tiga fasa menggunakan hukum faraday (tegangan induktansi akan ditimbulkan oleh perubahan induksi magnetic pada lilitan) dan hukum Lorenz (perubahan magnetik akan mengakibatkan gaya gerak listrik). Prinsip dasar dapat dijelaskan sebagai berikut : (Priahutama, dkk, 2010 : 2). Tegangan induksi akan hadir di setiap konduktor yang diakibatkan oleh medan magnet yang memotong konduktor (hukum Faraday).

Akibat konduktor dihubungkan menjadi satu, tegangan induksi menghasilkan arus yang mengalir dari konduktor ke konduktor lain. Karena ada arus yang mengalir diantara medan magnet sehingga menimbulkan gaya gerak listrik (hukum Lorenz). Gaya akan selalu menarik konduktor untuk bergerak sepanjang medan magnetik.

Kecepatan motor induksi tiga fasa dipengaruhi oleh kutub pada stator dan frekuensi sumber tegangan yang dirumuskan sebagai berikut: (Priahutama, dkk, 2010 : 2)

$$ns = 120f/p \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

ns = kecepatan sinkron (rpm)

f = frekuensi (Hz)

P = jumlah kutub

Tabel 1. Standar Pengaman yang digunakan.

No.	Jenis Gangguan	Nilai Parameter Gangguan	Toleransi Waktu
1	Over Current	$I_{ac} > I_n$	≤ 20 s
2	Over Voltage	$V_{ov} > 110\% V_n$	---
3	Under Voltage	$V_{uv} < 90\% V_n$	---
4	Over Speed	$S_{os} > 110\% S_n$	---
5	Under Speed	$S_{us} < 90\% S_n$	---
6	Over Heat	Max Temperature : A = 60 °C B = 80 °C F = 105 °C	---

Pengenalan Software

LabVIEW adalah perangkat lunak pemrograman yang dikeluarkan oleh National Instruments. LabVIEW menggunakan bahasa pemrograman berbasis grafis atau blok diagram sementara bahasa pemrograman lainnya menggunakan basis text. Program labVIEW dikenal dengan sebutan Vi atau Virtual instruments. Pada labVIEW, pengguna pertama-tama diharuskan membuat user interface atau front panel dengan menggunakan control dan indikator, yang dimaksud dengan control adalah knobs, push buttons, dials dan peralatan input lainnya sedangkan yang dimaksud dengan indikator adalah graphs, LEDs dan peralatan display lainnya. Setelah menyusun user interface, lalu user menyusun blok diagram yang berisi kode-kode VIs untuk mengontrol front panel.

NI DAC USB 6009.

DAQ Card adalah sebuah hardware yang berfungsi sebagai ADC ataupun DAC, dari sebuah sensor ataupun rangkaian output. DAQ akan menterjemahkan nilai tegangan yang diberikan oleh output sensor kedalam bentuk digital, nilai ini yang dikirimkan kedalam computer, melalui port USB. DAQ Card yang digunakan dalam penelitian ini adalah DAQ Card NI 6009. Dengan kemampuan seperti pada lampiran. Maka DAQ Card 6009 dapat menjadi sebuah hardware data akusisi yang sudah cukup baik untuk kebutuhan laboratorium. Sampling rate 100 ks/s, maka

transmisi data monitoring suatu sensor tidak menjadi suatu masalah.



Gambar 2. NI DAC USB 6009

METODOLOGI

Perancangan Sistem Kendali Motor Induksi Phasa 3 Berbasis NI USB 6009. Dalam membuat rancangan alat kendali motor induksi phasa 3 berbasis NI USB harus melakukan beberapa cara sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk mencari informasi dari buku, jurnal dan artikel-artikel dari internet sebagai referensi yang berkaitan dengan permasalahan pada penelitian.

2. Pembuatan Hardware

Dalam rancang bangun kendali motor induksi phasa 3 ini akan menggunakan arduino, motor servo dan inverter untuk kendali kecepatan, untuk kendali temperature akan menggunakan 2 kipas pendingin yang nantinya disimpan disamping motor induksi phasa 3, dan kontak relay untuk pengaman gangguan lainnya.

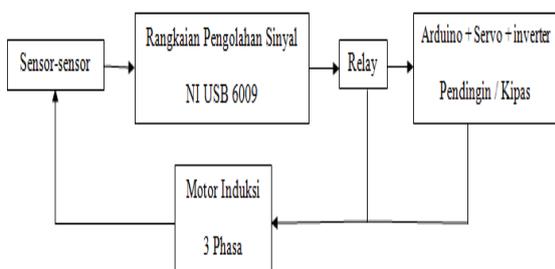
3. Pembuatan Program.

Dalam rancang bangun kendali motor induksi phasa 3 ini menggunakan software LabView. Software Labview ini digunakan untuk membuat program kendali motor induksi phasa 3 yang nantinya akan dikoneksikan dengan alat NI USB 6009 sebagai Hardware program tersebut. Untuk alat pendukung diluar program Labview ini akan menggunakan beberapa alat ukur seperti Trafo untuk mengukur tegangan, CT untuk mengukur arus, LM35 untuk mengukur temperature dan IR tacho meter untuk mengukur kecepatan motor.

4. Pengumpulan data setiap komponen

Pada penelitian ini data setiap komponen yang akan dirancang pada dikumpulkan agar mendukung pembuatan rancang bangun kendali motor induksi fase 3.

Perancangan Hardware Alat Kendali Motor Induksi Fase 3 berbasis NI USB 6009. Dalam rancang bangun kendali motor induksi fase 3 ini akan menggunakan arduino, motor servo dan inverter untuk kendali kecepatan, untuk kendali temperature akan menggunakan 2 kipas pendingin yang nantinya disimpan disamping motor induksi fase 3, dan kontak relay untuk pengaman gangguan lainnya.

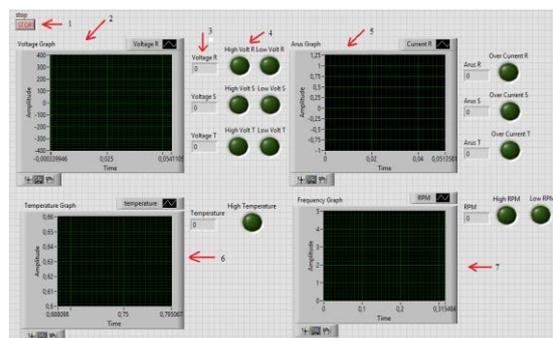


Gambar 3. Blok diagram sistem

Dari gambar 3 terdapat 4 sensor untuk melakukan perancangan sistem kendali motor induksi fase 3 yaitu sensor temperatur, sensor kecepatan, sensor tegangan dan sensor arus. Pada rangkaian pengolah sinyal menggunakan NI USB 6009 yang diprogram untuk sistem kendali motor induksi fase 3. Keluaran NI USB 6009 akan mengaktifkan relay dan relay ini yang berfungsi sebagai kendali dan pengaman motor induksi fase 3. Kendali motor induksi pada gangguan kecepatan akan menggunakan inverter sebagai pengendali kecepatan motor induksi fase 3 sedangkan untuk kendali temperature akan menggunakan pendingin / fan untuk mengendalikan temperature motor induksi fase 3. Pengaman motor induksi ini menggunakan relay, relay ini berfungsi sebagai pemutus sumber tegangan motor induksi apabila terjadi gangguan tegangan dan arus.

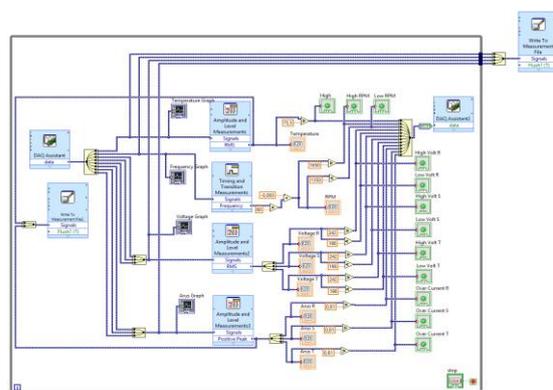
Perancangan Software alat kendali motor induksi fase 3 berbasis NI USB 6009.

Perancangan program ini menggunakan Labview 2014 sebagai aplikasi yang digunakan. Signal dari sensor akan diproses oleh NI 6009 yang nantinya akan diolah menjadi tampilan-tampilan yang diinginkan. Tampilan yang akan dibuat dalam program ini adalah tampilan pengukuran tegangan, arus, temperature dan suhu. Untuk tampilan pada Front panel dapat kita lihat pada gambar 4.



Gambar 4. Front panel indicator menggunakan LabView

Pada gambar 4 Front panel indicator terdapat 4 indikator, yaitu indikator temperature, kecepatan, tegangan dan arus.



Gambar 5. Blok diagram keseluruhan program kendali motor induksi

Pada gambar 5 Blok diagram keseluruhan program kendali motor induksi terdapat program kendali dan pengaman motor induksi fase 3 yang mana nilai dari batasan kendali dan pengaman gangguan tersebut didapat dari standar pengaman pada tabel 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian pengaman motor induksi fase 3 berbasis NI USB 6009. Untuk melakukan pengamanan sistem terhadap gangguan tegangan lebih pengujian dilakukan dengan memberikan masukan tegangan pada ketiga input meter tegangan motor induksi fase 3 dengan menggunakan regulator tegangan. Dalam pengujian tegangan input dari regulator tegangan dinaikkan hingga lebih dari nilai tegangan seting nominalnya dan input regulator ini diparalel dengan digital multimeter untuk mengetahui nilai aktual dari regulator tersebut. Kemudian sumber tegangan dikoneksikan pada transformer, dan setelah itu program NI USB dijalankan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui respon sistem pengaman terhadap adanya tegangan lebih secara mendadak.

Tabel 2. Data pengujian gangguan tegangan lebih fase R.

No.	Set Nominal Tegangan (V)	Regulator / Digital Multimeter (V)	Tegangan pada saat Trip secara teori	Tegangan pada Display (V)	% Error	Kondisi Sistem
1	220	250	242	249,75	0,10	Trip
2	220	240	242	239,69	0,13	Tidak Trip
3	220	235	242	234,77	0,10	Trip
4	220	255	242	254,89	0,04	Tidak Trip

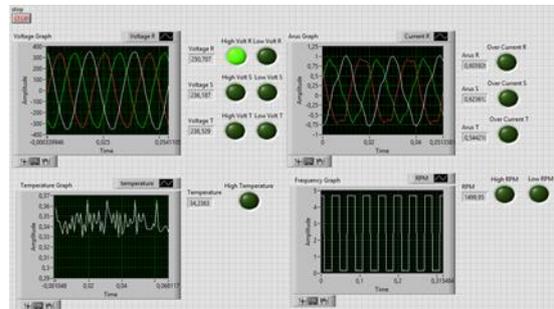
Tabel 3. Data pengujian gangguan tegangan lebih fase S.

No.	Set Nominal Tegangan (V)	Regulator / Digital Multimeter (V)	Tegangan pada saat Trip secara teori	Tegangan pada Display (V)	% Error	Kondisi Sistem
1	220	250	242	249,72	0,11	Trip
2	220	240	242	239,52	0,20	Tidak Trip
3	220	235	242	234,55	0,19	Trip
4	220	255	242	254,82	0,07	Tidak Trip

Tabel 4. Data pengujian gangguan tegangan lebih fase T

No.	Set Nominal Tegangan (V)	Regulator / Digital Multimeter (V)	Tegangan pada saat Trip secara teori	Tegangan pada Display (V)	% Error	Kondisi Sistem
1	220	250	242	249,59	0,16	Trip
2	220	240	242	239,65	0,15	Tidak Trip
3	220	235	242	234,63	0,16	Trip
4	220	255	242	254,75	0,10	Tidak Trip

Pada data hasil pengujian diketahui bahwa tegangan trip pada sistem pengamanan adalah 110% dari set nominal tegangan. Untuk %error terbesar mencapai 0,20 % pada fase S, untuk %error rata-rata sebesar 0,13%.



Gambar 6. Front panel gangguan tegangan lebih fase R

Gambar 6 *front panel* menunjukkan bahwa adanya gangguan tegangan lebih pada fase R. Pada saat terjadi gangguan tegangan lebih maka NI USB 6009 akan menganalisa sebagai gangguan tegangan lebih pada fase R dan akan menyalakan indicator high volt R seperti gambar diatas, setelah itu relay akan aktif dan memutuskan sumber power pada motor induksi fase 3.

Tabel 5. Data pengujian gangguan tegangan kurang fase R

No.	Set Nominal Tegangan (V)	Regulator / Digital Multimeter (V)	Tegangan pada saat Trip secara teori	Tegangan pada Display (V)	% Error	Kondisi Sistem
1	220	205	198	205,28	0,14	Tidak Trip
2	220	195	198	195,15	0,08	Trip
3	220	210	198	210,35	0,17	Tidak Trip
4	220	190	198	189,92	0,04	Trip

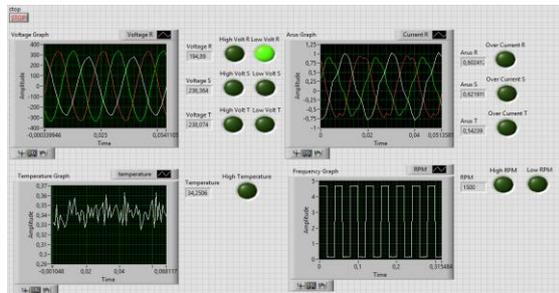
Tabel 6. Data pengujian gangguan tegangan kurang fase S

No.	Set Nominal Tegangan (V)	Regulator / Digital Multimeter (V)	Tegangan pada saat Trip secara teori	Tegangan pada Display (V)	% Error	Kondisi Sistem
1	220	205	198	205,31	0,15	Tidak Trip
2	220	195	198	195,28	0,14	Trip
3	220	210	198	210,28	0,13	Tidak Trip
4	220	190	198	190,18	0,09	Trip

Tabel 7. Data pengujian gangguan tegangan kurang fase T

No.	Set Nominal Tegangan (V)	Regulator / Digital Multimeter (V)	Tegangan pada saat Trip secara teori	Tegangan pada Display (V)	% Error	Kondisi Sistem
1	220	205	198	205,11	0,05	Tidak Trip
2	220	195	198	195,05	0,03	Trip
3	220	210	198	210,16	0,08	Tidak Trip
4	220	190	198	189,92	0,04	Trip

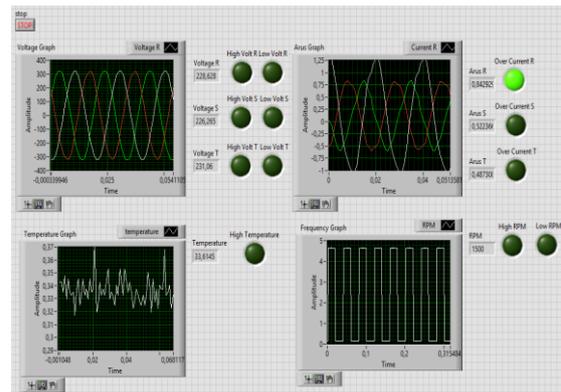
Pada data hasil pengujian diketahui bahwa tegangan trip pada sistem pengaman adalah 90% dari set nominal tegangan. Untuk %error terbesar mencapai 0,17 % pada fasa R, untuk %error rata-rata sebesar 0,10%.



Gambar 7. Front panel gangguan tegangan kurang fasa R

Gambar 7 front panel menunjukkan bahwa adanya gangguan tegangan kurang pada fasa R. Pada saat terjadi gangguan tegangan kurang maka NI USB 6009 akan menganalisa sebagai gangguan tegangan kurang pada fasa R dan akan menyalakan indicator Low volt R seperti gambar diatas, setelah itu relay akan aktif dan memutuskan sumber power pada motor induksi fasa 3

Pada data hasil pengujian diketahui bahwa pada saat arus pengujian melebihi arus nominal maka timer akan bekerja dan setelah sampai pada waktu seting secara teori maka pengaman arus lebih akan bekerja. Waktu timer pada pengaman arus ini mempunyai %error terbesar mencapai 1,24% pada fasa R, untuk %error rata-rata sebesar 0,65%.



Gambar 8. Front panel gangguan arus lebih fasa R

Gambar 8 front panel menunjukkan bahwa adanya gangguan arus lebih pada fasa R. Pada saat terjadi gangguan arus lebih maka NI USB 6009 akan menganalisa sebagai gangguan arus lebih pada fasa R dan akan menyalakan indicator over current R seperti gambar diatas, karna pada gangguan lebih menggunakan timer untuk menunda pengaktifan relay selama 20 detik maka pada saat terjadi over current relay tidak langsung memutuskan sumber tegangan motor induksi fasa 3 tetapi menunggu selama 20 detik, hal ini terjadi karena pada tabel pengaman motor induksi terdapat toleransi waktu pada gangguan arus lebih, dan karena pada start motor induksi terjadi lompatan arus yang bisa sampai mencapai 5 sampai 7 kali arus normal motor maka dibuat waktu tunda sampai 20 detik.

Tabel 8. Data pengujian gangguan arus lebih fasa R

No.	Set Nominal Arus (A)	Nilai Seting Arus Pengujian (A)	Waktu pada saat Trip secara teori (s)	Waktu pada saat Trip secara praktek (s)	% Error	Kondisi Sistem
1	0,81	0,85	20	20,085	0,43	Trip
2	0,81	0,9	20	19,885	0,57	Trip
3	0,81	0,95	20	19,821	0,89	Trip
4	0,81	1	20	19,752	1,24	Trip

Tabel 9. Data pengujian gangguan arus lebih fasa S

No.	Set Nominal Arus (A)	Nilai Seting Arus Pengujian (A)	Waktu pada saat Trip secara teori (s)	Waktu pada saat Trip secara praktek (s)	% Error	Kondisi Sistem
1	0,81	0,85	20	20,111	0,56	Trip
2	0,81	0,9	20	20,066	0,33	Trip
3	0,81	0,95	20	19,825	0,88	Trip
4	0,81	1	20	19,821	0,89	Trip

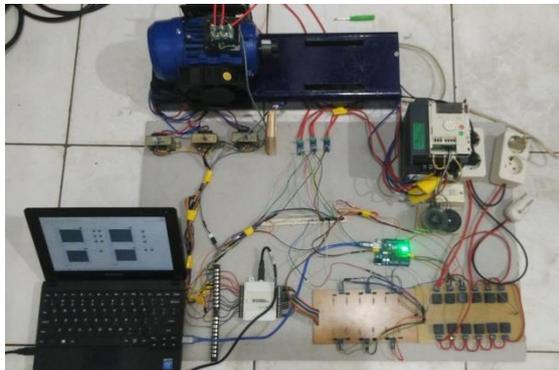
Tabel 10. Data pengujian gangguan arus lebih fasa T

No.	Set Nominal Arus (A)	Nilai Seting Arus Pengujian (A)	Waktu pada saat Trip secara teori (s)	Waktu pada saat Trip secara praktek (s)	% Error	Kondisi Sistem
1	0,81	0,85	20	20,041	0,21	Trip
2	0,81	0,9	20	19,791	1,05	Trip
3	0,81	0,95	20	20,035	0,18	Trip
4	0,81	1	20	20,105	0,53	Trip

Hasil Penelitian kendali motor induksi fasa 3 berbasis NI USB 6009.

Pada pengujian kendali motor induksi maka motor induksi diberi gangguan kecepatan kurang dan temperature lebih untuk mengetahui respon dari system kendali motor induksi fasa 3. Pengujian kecepatan kurang dilakukan dengan menggunakan pembebanan motor yang

dicouple dengan motor driver. Data yang didapat pada pengujian ini adalah nilai slip motor setelah diberikan beban motor. Gambar 9 merupakan rancang bangun dan hasil penelitian motor induksi fase 3.



Gambar 9. Rancang kendali motor induksi fase 3

Untuk pengendalian kecepatan ini menggunakan servo yang digunakan untuk menaikkan dan menurunkan resistance pada potensio yang di couple dengan motor servo. Potensio ini berguna untuk menaikkan dan menurunkan frekuensi inverter, yang digunakan sebagai kendali kecepatan motor induksi fase 3. Untuk pengendalian putaran servo ini menggunakan arduino uno R3 untuk mengendalikan putaran motor servo tersebut.

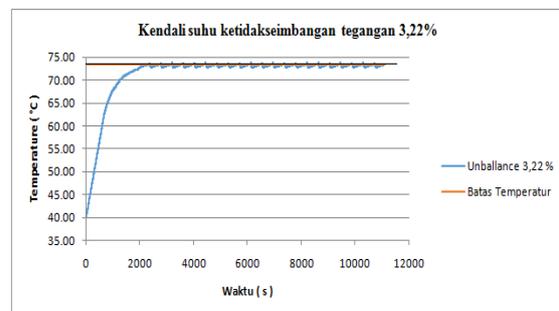
Tabel 11. Tabel pengujian kendali motor induksi fase 3 terhadap gangguan pembebanan motor.

RPM	Rata-rata Arus	Frekuensi Hz	Slip %	RPM setelah Dikendalikan	frekuensi setelah dikendalikan	slip setelah Dikendalikan %
1486	0.4648	50	0,93	1486	50	0,93
1402	0.5337	50	6,53	1402	50	6,53
1356	0.5752	50	9,60	1356	50	9,60
1304	0.6167	50	13,07	1395	54,3	14,36
1275	0.6583	50	15,00	1386	55,5	16,76
1252	0.6998	50	16,53	1381	57,1	19,38
1205	0.7452	50	19,67	534	60	70,33

Dari Tabel 11 dapat dilihat bahwa pada saat pembebanan dengan motor setiap penurunan kecepatan dibarengi dengan kenaikan arus rata-rata pada motor induksi fase 3. Pada saat diberi pembebanan motor dan rpm belum dikendalikan maka frekuensi motor akan tetap 50 Hz, akan tetapi slip motor induksi akan berubah sesuai dengan penurunan kecepatan motor

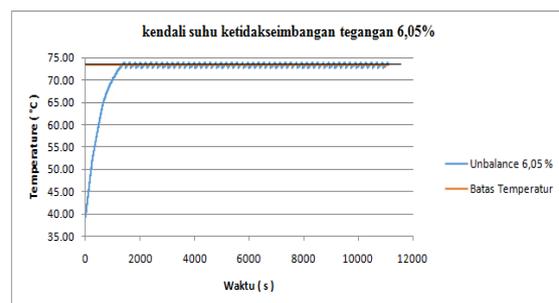
induksi. Setelah kecepatan motor induksi fase 3 dikendalikan maka akan ada perubahan frekuensi pada inverter yang perubahan itu akan berhenti setelah nilai kecepatan rpm telah mencapai 90 % kecepatan rotor yaitu 1350 RPM. Untuk pengendalian dibawah 1250 RPM setelah dikendalikan kecepatan motor induksi turun menjadi 534 RPM walaupun frekuensi telah naik sampai 60 Hz.

Pengujian kendali temperatur motor induksi akibat ketidakseimbangan dilakukan untuk mengetahui respon kendali temperature pada motor induksi fase 3. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan ketidakseimbangan tegangan pada salah satu fase motor induksi fase 3.



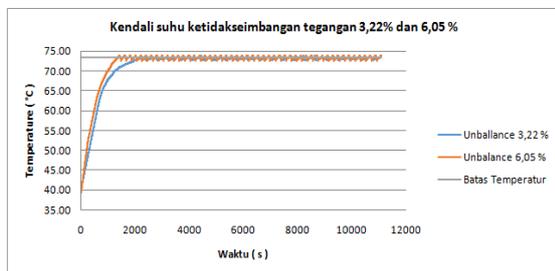
Gambar 10. Grafik temperatur pada gangguan ketidakseimbangan tegangan 3,22%

Dari gambar 10 grafik temperatur pada gangguan ketidakseimbangan tegangan 3,22% dapat dilihat bahwa pada gangguan ketidakseimbangan tegangan sebesar 3,22% terjadi kenaikan temperatur setelah sampai 39 menit suhu motor induksi mencapai batas 70% dari batas maksimal temperatur motor induksi fase 3. Untuk jarak satu siklus kendali motor induksi fase 3 terjadi selama rata-rata 7 menit per satu siklus kendali motor induksi fase 3.



Gambar 11. Grafik temperatur pada gangguan ketidakseimbangan tegangan 6,05 %

Dari gambar 11 grafik temperatur pada gangguan ketidakseimbangan tegangan 6,05 % dapat dilihat bahwa pada gangguan ketidakseimbangan tegangan sebesar 6,05% terjadi kenaikan temperatur setelah sampai 23 menit suhu motor induksi mencapai batas 70% dari batas maksimal temperatur motor induksi fase 3. Untuk jarak satu siklus kendali motor induksi fase 3 terjadi selama rata-rata 3,5 menit per satu siklus kendali motor induksi fase 3.



Gambar 12. Grafik temperatur pada gangguan ketidakseimbangan tegangan 3,22 % dan 6,05 %

Dari gambar 12 grafik temperatur pada gangguan ketidakseimbangan tegangan 3,22 % dan 6,05 % dapat kita lihat bahwa pada gangguan ketidakseimbangan tegangan terjadi perbedaan kenaikan suhu pada motor induksi fase 3, respon kenaikan suhu pada ketidakseimbangan tegangan 3,22% dan 6,05% terjadi perbedaan dimana kenaikan pada unbalance 6,05% lebih cepat naik dibandingkan dengan unbalance 3,22%. Untuk waktu satu siklus pengendalian temperature terdapat perbedaan waktu dimana untuk ketidakseimbangan tegangan 6,05%, suhu pada motor induksi fase 3 lebih cepat naik 2 X dari ketidakseimbangan 3,22%. Penentuan nilai kendali ini dilihat dari spesifikasi motor yaitu pada kelas F motor induksi memiliki batas maksimal suhu sebesar 105°C, dikarenakan untuk mengamankan motor induksi agar tidak sampai pada suhu maksimal maka diberikan kendali sebesar 70% dari suhu maksimal motor induksi fase 3 tersebut yaitu sebesar 73,5°C.

KESIMPULAN

Pada rancangan sistem kendali kecepatan dan temperature menggunakan NI USB 6009 berfungsi dengan baik dimana apabila terjadi kecepatan kurang sebesar 10 % dari kecepatan normal maka kendali kecepatan kurang berfungsi dengan mengaktifkan arduino yang mengatur frekuensi inverter dan apabila terjadi temperature lebih sebesar 70 % dari temperature maksimal maka kendali temperature berfungsi dengan mengaktifkan fan.

Pada sistem pengamanan menggunakan NI USB 6009 berfungsi dengan baik dimana apabila terjadi gangguan-gangguan tegangan dan arus maka relay pada sistem pengamanan memutuskan sumber tegangan motor induksi fase 3.

Pada pengujian kendali kecepatan dan temperature motor induksi fase 3 didapat hasil yang menyatakan bahwa sistem ini berjalan dengan baik. Pada pengujian pembebanan motor induksi, kecepatan motor dibawah 90 % kendali kecepatan berfungsi dengan mngembalikan kecepatan motor induksi pada kecepatan diatas 90% dari kecepatan normal. Pada pengujian ketidakstabilan tegangan 3,22% dan 6,05 % temperature mencapai 70 % dari batas temperature lebih maka sistem kendali temperature berfungsi dengan mengaktifkan fan yang menjaga suhu pada motor induksi fase 3 di temperature 70 % dari temperature maksimal.

UCAPAN TERIMAKASIH

Saya ucapan terima kasih kepada:

1. Ketua prodi teknik elektro Syaiful B., S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.
2. Prof. Dr. Didik Notosudjono, Msc

REFERENCES

- [1] Allegro MicroSystems, Inc. 2007. ACS712 Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor.
- [2] Ashari, S, Sukmadana, I.M.B, Citarsa, I.B.F. 2015. Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Pengaman Motor Induksi Tiga Fase Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535.

-
- [3] Darmawan. 2011. Rancang Bangun Sistem Pengaman dan Monitoring Motor Sinkron Tiga Fasa (*Hardware*)
 - [4] Ghazali, R. 2011. Metode perhitungan efisiensi motor induksi.
 - [5] Hendrawan, I. 2014. Trainer Mikrokontroler Arduino Uno Piano Dengan Tombol dan Labview.
 - [6] Hendrawan, I. 2014. Pengukuran dan Analisa Ketidakpastian Direct Current (DC) Voltmeter Prasetio, D. 2013. Perancangan Proteksi *Under Voltage* dan *Over Voltage* Pada Motor Induksi fasa 3.
 - [7] Kuswoyo, D. 2016. Sistem Proteksi Motor Induksi 3 Fasa Dari Gangguan Tidak Seimbang dan Temperatur Lebih Menggunakan Mikrokontroler.
 - [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] Priahutama, A.B, Sukmadi, T dan Setiawan, I. 2010. Perancangan Modul Soft Starting Motor Induksi fasa 3 Dengan Atmega 8535.
 - [10] Ridwan, A. 2011. Rancang Bangun Sistem Proteksi Motor Induksi fasa 3 Terhadap Gangguan Arus Berbasis Mikrokontroler.
 - [11] Sirait, D. 2008. Analisis Starting Motor Induksi Tiga Fasa Pada PT.Berlian Unggas Sakti TJ.Morawa.
 - [12] Texas Instruments, 2016. LM35 *Precision Centrigade Temperature Sensors*.
 - [13] Tukananto, A. 2015. Rancang Bangun Sistem Proteksi Arus Lebih Motor 3 Fasa Dengan *Timer* dan *Trip*.