

RANCANG BANGUN PENGINTEGRASIAN 3 SISTEM KENDALI MOTOR INDUKSI

Andri Maulana¹, M. Hariansyah²

¹Mahasiswa Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor. Jl. KH Sholeh Iskandar km 2 Bogor. Kode Pos 16162, Indonesia

²Dosen Tetap Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor. Jl. KH Sholeh Iskandar km 2 Bogor. Kode Pos 16162, Indonesia

E-mail : andri_m0014@yahoo.com

ABSTRAK

RANCANG BANGUN PENGINTEGRASIAN 3 SISTEM KENDALI MOTOR INDUKSI. Telah dilakukan penelitian tentang pembuatan rancang bangun pengintegrasian 3 sistem kendali motor induksi. Rancang bangun menghasilkan sistem kendali yang dapat digunakan untuk mengoperasikan beberapa fungsi kerja motor induksi skala laboratorium. Sebagai sistem kontrolnya menggunakan kontak-kontak bantu pada magnetic contactor dan dilengkapi dengan relay tambahan serta menggunakan sistem pengaman thermal overload relay (TOR). karena sistem kontrol tersebut dapat menahan daya yang cukup besar dan teruji keandalannya, rancang bangun ini melalui tahapan-tahapan yaitu: persiapan alat dan bahan, perancangan alat dan desain gambar, perakitan sistem kendali serta pengujian alat. Prinsip kerja sistem kendali ini terbagi menjadi : a) fungsi kerja motor putar kanan dengan magnetic contactor 1 yang beroperasi b) fungsi kerja motor putar kiri dengan magnetic contactor 2 yang beroperasi c) fungsi kerja motor putaran lambat (1500rpm) dengan magnetic contactor 4 yang beroperasi d) fungsi kerja motor putaran cepat (3000rpm) dengan magnetic contactor 1 yang beroperasi e) fungsi kerja motor secara hubung bintang-segitiga dengan magnetic contactor 1 dan 3 beroperasi untuk hubung bintang kemudian setelah 0,5 detik secara otomatis magnetic contactor 3 berhenti beroperasi dan berpindah magnetic contactor 4 beroperasi sementara magnetic contactor 1 tetap beroperasi untuk hubung segitiga.

Kata Kunci : Control System; Induction Motor; Integration

1. PENDAHULUAN

Motor induksi tiga fasa merupakan motor induksi yang paling banyak di gunakan saat ini terutama untuk keperluan industri, sistem kendali yang digunakan untuk pengoperasian motor induksi sangat beragam, akan tetapi pemakaian sistem kendali untuk motor induksi ini masih sangat bergantung hanya pada satu sistem kendali saja, dimana satu fungsi motor hanya dapat dioperasikan dengan satu sistem kendali saja dan jika ingin mengoperasikan fungsi motor induksi yang lain, maka sistem kendali nya harus di rubah dan di sesuaikan dengan kebutuhan motor induksi seperti apa yang ingin dioperasikan.

Untuk memudahkan agar beberapa motor induksi dapat di operasikan dengan satu sistem kendali saja perlu untuk membuat sistem kendali yang dapat mengoperasikan beberapa fungsi kerja motor induksi. Dimana sistem kendali ini dapat beroperasi sesuai dengan motor induksi seperti apa yang akan di operasikan, dengan cara memindahkan pilihan *selector switch* pada panel kendali. Adapun tujuan penelitian ini adalah: Menghasilkan sistem kendali yang dapat digunakan untuk mengoperasikan beberapa fungsi kerja motor induksi: a. Pengoperasian motor

induksi dua arah putaran, b. Pengoperasian motor induksi dua kecepatan, c. Pengoperasian motor induksi secara hubung bintang-segitiga.

1.1 Motor Induksi[1][2]

Motor induksi merupakan motor arus bolak-balik yang paling luas digunakan. Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara kecepatan rotasi rotor dan kecepatan rotasi medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan oleh arus stator. Kumparan stator yang dihubungkan suatu sumber tegangan tiga fasa akan menghasilkan medan magnet yang berotasi dengan kecepatan rotasi sinkron. Besarnya kecepatan tersebut dapat diukur menggunakan sebuah rumus sebagai berikut:

$$n_s = \frac{120 \times f}{p} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

n_s adalah kecepatan putar sinkron,

f adalah frekuensi sumber,

p adalah kutub motor.

Berubah-ubahnya kecepatan rotasi motor induksi (*n_r*) mengakibatkan berubahnya nilai slip dari 100% pada saat *start* sampai 0% pada saat

motor diam ($n_r = n_s$). Hubungan frekuensi dengan slip dapat dilihat sebagai berikut:

Bila f_1 = frekuensi jala-jala
 $n_s = \frac{120 \times f_1}{p}$ atau $f_1 = \frac{p \times n_s}{120}$
 $n_r = n_s (1 - S)$ (2.2)

n_r adalah kecepatan rotasi rotor
 Bila f_2 = frekuensi arus rotor
 Pada rotor berlaku hubungan:
 $f_2 = \frac{p(n_s - n_r)}{120}$ (2.3)

atau
 $f_2 = \frac{p \times n_s}{120} \times \frac{n_s - n_r}{n_s}$ (2.4)

karena
 $S = \frac{n_s - n_r}{n_s}$ (2.5)

maka
 $f_2 = f_1 \times S$ (2.6)

Sedangkan untuk mengetahui daya motor induksi dapat dilihat sebagai berikut:
 $P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi$ (2.7)

Dimana :
 P adalah daya motor induksi
 V adalah tegangan
 I adalah arus motor
 Sedangkan untuk mengetahui Torsi motor induksi dapat dilihat sebagai berikut:
 $T = \frac{P}{\omega}$ (2.8)

Dimana :
 T = torsi
 P = daya motor
 ω = kecepatan rotasi sudut
 Sedangkan untuk mengetahui kecepatan rotasi sudut dapat dilihat sebagai berikut:
 $\omega = \frac{2\pi \times n_r}{60}$ (2.9)

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Lab Konversi Energi dan Sistem Tenaga Listrik Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldhun Bogor yang beralamat di Jalan KH. Sholeh Iskandar km 2 Bogor. Waktu penelitian pembuatan rancang bangun pengintegrasian 3 sistem kendali motor induksi dilakukan selama bulan Agustus hingga November 2017.

2.2 Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagaimana tercantum dalam Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1 Bahan-bahan untuk pembuatan rancang bangun pengintegrasian 3 sistem kendali motor induksi

NO	Bahan-bahan	Jumlah	NO	Bahan-bahan	Jumlah
1	MCB 3 Fasa <i>schneider</i> 16 A	1 unit	10	<i>Emergency Stop</i>	1 unit
2	MCB 1 Fasa <i>schneider</i> 6 A	2 unit	11	<i>Selector switch</i> 5 posisi	1 unit
3	<i>Magnetic Contactor</i> LC1D12M7	3 unit	12	<i>Relay omron</i> Ly4N kaki	2 unit
4	<i>Magnetic Contactor</i> LC1D09M7	1 unit	13	<i>Pilot Lamp</i>	10 buah
5	TOR (LRD10,LRD16)	2 unit	14	Kabel NYAF 1,5mm	60 meter
6	<i>Box panel</i> 50x40x20	1 unit	15	Kabel NYYHY 3x2,5mm	10 meter
7	<i>Push Button</i>	2 unit	16	Kabel NYAF 2,5mm	10 meter
8	Sekun kabel 1,25-2,5mm	150 bh	17	Motor 3 fasa	2 unit
9	<i>Accessories</i>	-	18	Kabel duck	1 meter
10	<i>Relay MKS2P</i> kaki 8	1	19	Terminal kabel	3 unit

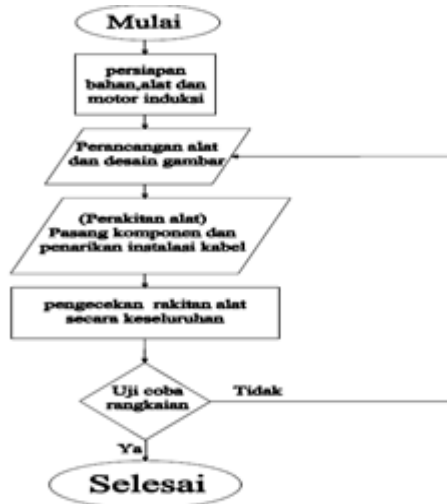
Sedangkan peralatan yang digunakan dalam penelitian ini diperlihatkan pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2 Alat-alat yang digunakan dalam penelitian

NO	Alat-alat	Jumlah	NO	Bahan-bahan	Jumlah
1	Tang kombinasi	1 unit	6	<i>Cutter</i>	1 unit
2	Obeng +/-	1 set	7	Pensil	1 unit
3	Tang sekun	1 set	8	Penggaris	1 unit
4	Bor tangan	1 set	9	Gunting	1 unit
5	Gergaji besi	3 unit	10	Multitester	1 unit

2.3 Diagram Alir Penelitian

Metode penelitian menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan untuk perolehan tujuan penelitian. Adapun tahapan dalam penelitian ini adalah: Persiapan rancang bangun pengintegrasian 3 sistem kendali motor induksi, perancangan desain gambar pengintegrasian 3 sistem kendali motor induksi, perancangan pengintegrasian 3 sistem kendali motor induksi, dan uji coba pengintegrasian 3 sistem kendali motor induksi. Adapun diagram alir atau *flowchart* metode penelitian dapat dilihat pada gambar 1 berikut.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

2.4 Motor induksi merek *Western Electric*

Penggunaan motor induksi merek *Westren Electric* ini di pakai untuk pengujian fungsi motor induksi dua arah putaran. Gambar 2 memperlihatkan bentuk fisik dan *name plate* motor induksi.



Gambar 2 Motor Induksi Merek *Westren Electric*

Keterangan motor induksi:

Merek : *WESTERN ELECTRIC* 90S-6
 Cos Q : 0,87
 Daya : 0,75kW / 1HP
 RPM : 940/min (6 Pole)
 Tegangan : 220/400 V +-10%
 Frekuensi : 50Hz

2.5 Motor induksi dua kecepatan

Penggunaan motor induksi ini di pakai untuk pengujian fungsi motor induksi dua kecepatan yang memiliki jumlah pole ganda yaitu 2 pole dan 4 pole. Gambar 3 memperlihatkan bentuk fisik motor induksi.



Gambar 3 Motor Induksi Dua Kecepatan

Pada gambar 4 menunjukkan motor induksi dua kecepatan di atas terdapat 6 kabel keluaran dari motor induksi tersebut yaitu U1, V1, W1 dan U2, V2, W2. Penggunaan U1, V1 dan W1 untuk motor putaran kencang (3000rpm) sementara U2, V2 dan W2 untuk motor putaran lambat (1500rpm).

2.6 Motor induksi merek *MEZ*

Penggunaan motor induksi merek *MEZ* ini di pakai untuk pengujian fungsi motor induksi secara *start* bintang-segitiga. Gambar 4 memperlihatkan bentuk fisik dan *name plate* motor induksi.



Gambar 4 Motor Induksi Merek *MEZ*

Keterangan motor induksi:

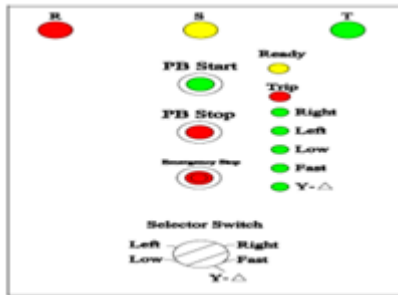
Merek : *MEZ*
 Cos Q : 0,87
 Daya : 4kW / 5,5HP
 RPM : 2905/min (2 Pole)
 Tegangan : 380/660 V
 Frekuensi : 50Hz

2.7 Desain Gambar Pengintegrasian 3 Sistem Kendali Motor Induksi

Adapun desain gambar yang dibuat antara lain: (a) Desain gambar tata letak bagian depan, (b) Desain gambar tata letak bagian dalam, (c) Desain gambar rangkaian pengendali pengintegrasian 3 sistem kendali motor induksi, dan (d) Desain gambar rangkaian daya pengintegrasian 3 sistem kendali motor induksi.

(a) Desain gambar tata letak bagian depan

Untuk desain gambar tata letak bagian depan dapat dilihat pada gambar 5 berikut.

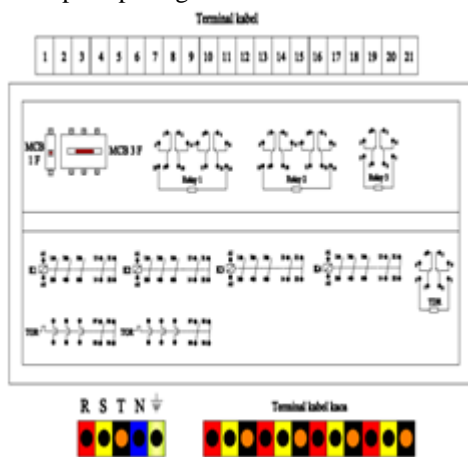


Gambar 5 Desain Gambar Tata Letak Bagian Depan

Pada gambar 5 menunjukkan perancangan desain gambar tata letak bagian depan, proses penempatan bahan yang akan di letakan pada bagian pintu panel. Adapun bahan yang akan di pasang pada bagian ini antara lain: *Pilot lamp*, *Push button*, *Emergency stop*, *Selector switch*.

(b) Perancangan Desain Gambar Tata Letak Bagian Dalam

Perancangan desain gambar tata letak bagian dalam ini merupakan proses penempatan bahan-bahan yang akan diletakan pada bagian dalam *box* panel seperti pada gambar 6 berikut.



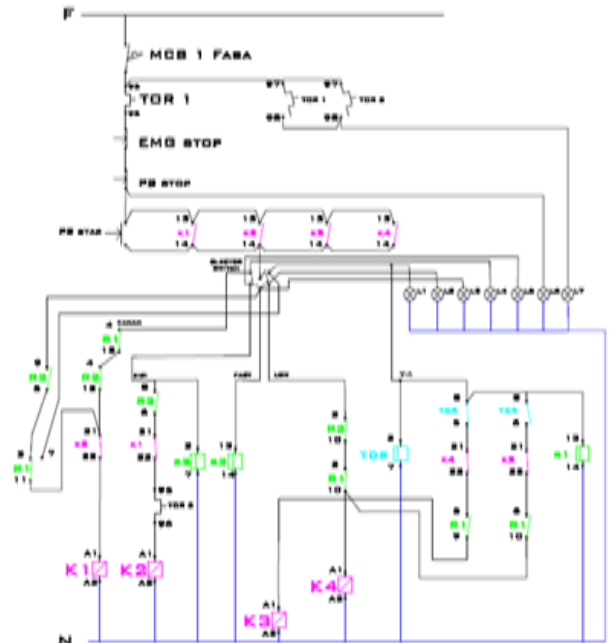
Gambar 6 Desain Gambar Tata Letak Bagian Dalam

Pada gambar 6 menunjukkan bahan yang akan dipasang pada bagian ini antara lain: *Magnetic Contactor (MC)*, *MCB 3 fasa*, *MCB 1 fasa*, *Termal Overload Relay (TOR)*, *Relay kaki 14*, *Relay kaki 8*, *Time Delay Relay (TDR)*, Terminal kabel, dan Kabel duck. Pada proses ini diperlukan pengaturan penempatan yang tepat agar pada saat penarikan *wearing* instalasi kabel dapat di lakukan dengan baik

(c) Perancangan Desain Gambar Rangkaian Pengendali Pengintegrasian 3 Sistem Kendali Motor Induksi

Pengintegrasian 3 sistem kendali motor induksi ini dibutuhkan pemahaman terhadap

rangkaian pengendali dasar seperti: rangkaian pengendali motor induksi secara dua arah putaran, rangkaian pengendali motor induksi dua kecepatan, dan rangkaian pengendali motor induksi secara hubung bintang-segitiga. Setelah dilakukan uji coba rangkaian dan menemukan rangkaian yang tepat untuk sistem kendali yang diinginkan, maka dibuat desain rangkaian pengendali pengintegrasian 3 sistem kendali motor induksi. Untuk desain gambar rangkaian pengendali pengintegrasian 3 sistem kendali motor induksi dapat dilihat pada gambar 7 berikut.

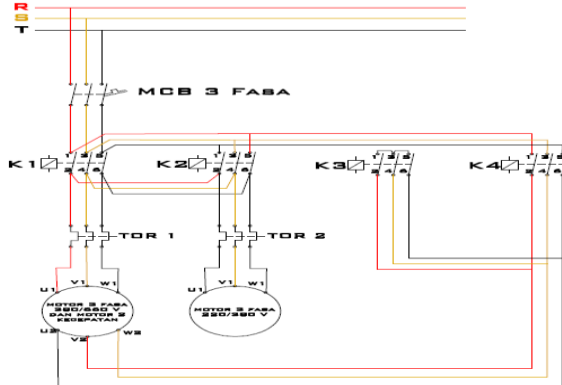


Gambar 7 Desain Gambar Rangkaian Pengendali Pengintegrasian 3 Sistem Kendali Motor Induksi

(d) Perancangan Desain Gambar Rangkaian Daya Pengintegrasian 3 Sistem Kendali Motor Induksi

Perancangan desain gambar rangkaian daya pengintegrasian 3 sistem kendali motor induksi harus disesuaikan dengan kapasitas beban maksimal yang dapat dioperasikan sistem kendali ini. Rangkaian daya merupakan jalur utama yang langsung menghubungkan dari sumber tegangan ke beban motor induksi. Sama halnya dengan rangkaian pengendali pada rangkaian daya ini dibutuhkan pemahaman terhadap rangkaian daya dasar seperti: rangkaian daya motor induksi dua arah putaran, rangkaian daya motor induksi dua kecepatan, dan rangkaian daya motor induksi secara hubung bintang-segitiga agar dapat mendapatkan rangkaian daya yang sesuai dengan yang dibutuhkan. Setelah mendapat rangkaian yang tepat untuk sistem kendali yang diinginkan, maka dibuat desain rangkaian daya

pengintegrasian 3 sistem kendali motor induksi. Untuk desain gambar rangkaian daya pengintegrasian 3 sistem kendali motor induksi dapat dilihat pada gambar 8 berikut.

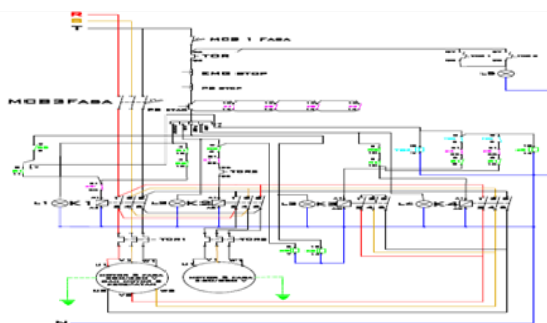


Gambar 8 Desain Gambar Rangkaian Daya Pengintegrasian 3 Sistem Kendali Motor Induksi

3. HASIL DAN BAHASAN

3.1 Rancangan Pengintegrasian 3 Sistem Kendali Motor Induksi

Rancangan pengintegrasian 3 sistem kendali motor induksi terdiri dari pemasangan komponen, pemasangan instalasi rangkaian daya, dan pemasangan rangkaian pengendali. Instalasi rancangan 3 sistem kendali motor induksi dapat dilihat pada gambar 9 berikut.



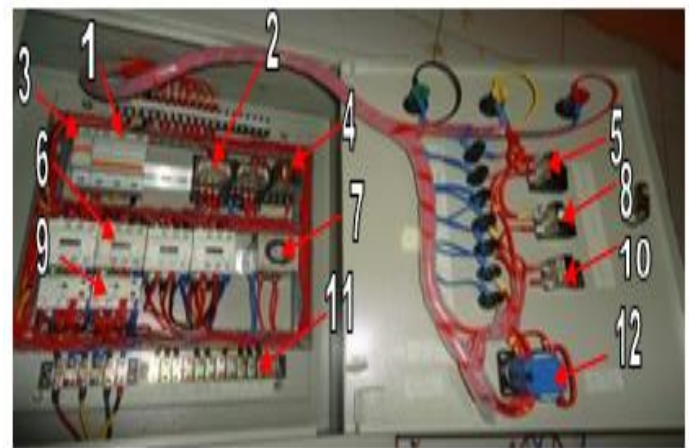
Gambar 9 Instalasi Pengintegrasian 3 Sistem Kendali Motor Induksi

Pada gambar 9 menunjukkan instalasi pengintegrasian 3 sistem kendali motor induksi di atas terbagi dari dua instalasi yaitu instalasi rangkaian daya dan instalasi rangkaian pengendali. Pada instalasi rangkaian daya berfungsi untuk menghubungkan sumber tegangan 3 fasa langsung ke beban motor induksi. Sementara instalasi rangkaian pengendali berfungsi untuk mengontrol dan mengendalikan fungsi kerja sesuai yang di butuhkan dengan di tambahkan *relay* dan *time delay relay* untuk

menambah fungsi kontak sebagai pengaman rangkaian.

3.2 Komponen Rancangan Pengintegrasian 3 Sistem Kendali Motor Induksi

Komponen yang terdapat pada pengintegrasian 3 sistem kendali motor induksi terdiri atas MCB 1 Fasa 6 ampere, MCB 3 fasa 16 ampere, *Magnetic Contactor* LC1D09 dan LC1D12, *Thermal Overload Relay* LRD10 dan LRD16, *Relay* omron LY4N, *Relay* MKS2P, dan *Time Delay Relay* (TDR) H3CR. Gambar 10 memperlihatkan tata letak komponen pada rancangan pengintegrasian 3 sistem kendali motor induksi.



Gambar 10 Tata Letak Komponen Pada Rancangan Panel

Pada gambar 10 menerangkan tata letak komponen pada rancangan panel yaitu:

1. MCB 3 fasa
2. *Relay* LY4N
3. MCB 1 fasa
4. *Relay* MKS2P
5. PB Start
6. *Magnetic Contactor*
7. *Time Delay Relay* (TDR)
8. PB Stop
9. *Thermal Overload Relay* (TOR)
10. *Emergency Stop*
11. Terminal kabel
12. *Selector switch* 5 posisi

3.3 Hasil Rancangan Pengintegrasian 3 Sistem Kendali Motor Induksi

Pada rancangan pengintegrasian 3 sistem kendali motor induksi memiliki komponen-komponen yang peranya sangat utama untuk sistem kendali yang dihasilkan, gambar 11 memperlihatkan hasil rancangan pengintegrasian 3 sistem kendali motor induksi.



Gambar 11 Hasil Rancangan Pengintegrasian 3 Sistem Kendali Motor Induksi

Komponen yang perannya sangat utama pada sistem kendali ini adalah *Magnetic Contactor*, *Thermal Overload Relay*, *Relay*, dan *Time Delay Relay (TDR)*. *Magnetic Contactor* memiliki fungsi sebagai penghubung utama sumber tegangan 3 fasa dari MCB ke beban motor induksi dan sebagai pengaman atau pengendali pada rangkaian instalasi sistem kendali. *Thermal Overload Relay* berfungsi sebagai pengaman beban lebih jika terjadi kegagalan sistem yang mengakibatkan ampere motor induksi meningkat maka *Thermal Overload Relay* akan bekerja dengan memutuskan kontak NC 95-96 menjadi NO. *Relay* berperan penuh sebagai pengendali pada rangkaian instalasi sistem kendali. *Time Delay Relay (TDR)* berfungsi sebagai *relay* penunda waktu pada saat hubung bintang-segitiga, dimana pada saat sistem bekerja secara hubung bintang-segitiga maka TDR akan bekerja mendelay waktu selama 5 detik yang kemudian merubah dari hubung bintang ke hubung segitiga.

3.4 Cara Pengoprasian Pengintegrasian 3 Sistem Kendali Motor Induksi

Cara pengoprasian pada pengintegrasian 3 sistem kendali motor induksi ini yaitu:

a. Motor putar kanan

Cara pengoprasian motor putar kanan, *selector switch* diposisikan ke *Right*/kanan kemudian pastikan lampu *indicator ready* menyala. Setelah itu tekan *push button* warna hijau/ *PB Start*, lalu tegangan akan masuk untuk menghidupkan *magnetic contactor* 1 dan motor akan beroperasi berputar ke kanan dengan ditandai lampu *indicator* motor putar kanan menyala. Pada motor putar kanan ini, motor yang digunakan motor merek *Western Electric* dan terminal yang digunakan pada keluaran motor adalah terminal U, V, W, untuk menghentikan putaran motor maka tekan tombol *PB Stop* (warna merah).

b. Motor putar kiri

Cara pengoprasian motor putar kiri, *selector switch* diposisikan ke *Left*/kiri kemudian pastikan lampu *indicator ready* menyala. Setelah itu tekan *push button* warna hijau/ *PB Start*, lalu tegangan akan masuk untuk menghidupkan *magnetic contactor* 2 dan motor akan beroperasi berputar

ke kiri dengan ditandai lampu *indicator* motor putar kiri menyala. Pada motor putar kiri ini, motor yang digunakan motor merek *Western Electric* dan terminal yang digunakan pada keluaran motor adalah terminal U, V, W, untuk menghentikan putaran motor maka tekan tombol *PB Stop* (warna merah).

c. Motor putaran lambat (1500rpm)

Cara pengoprasian motor putaran lambat, *selector switch* diposisikan ke *Low*/lambat kemudian pastikan lampu *indicator ready* menyala. Setelah itu tekan *push button* warna hijau / *PB Start*, lalu tegangan akan masuk untuk menghidupkan *magnetic contactor* 4 dan motor akan beroperasi putaran lambat dengan ditandai lampu *indicator* motor putaran lambat menyala. Pada motor putaran lambat ini, motor yang digunakan motor rekondisi dan terminal yang digunakan pada keluaran motor adalah terminal U1, V1, W1, U2, V2, W2 dan tegangan 3 fasa masuk melalui terminal U2, V2, W2 untuk menghentikan putaran motor maka tekan tombol *PB Stop* (warna merah).

d. Motor putaran cepat (3000rpm)

Cara pengoprasian motor putaran cepat, *selector switch* diposisikan ke *Fast*/cepat kemudian pastikan lampu *indicator ready* menyala. Setelah itu tekan *push button* warna hijau/ *PB Start*, lalu tegangan akan masuk untuk menghidupkan *magnetic contactor* 1 dan motor akan beroperasi putaran cepat dengan ditandai lampu *indicator* motor putaran cepat menyala. Pada motor putaran cepat ini, motor yang digunakan motor rekondisi dan terminal yang digunakan pada keluaran motor adalah terminal U1, V1, W1, U2, V2, W2 dan tegangan 3 fasa masuk melalui terminal U1, V1, W1 untuk menghentikan putaran motor maka tekan tombol *PB Stop* (warna merah).

e. Motor secara hubung bintang-segitiga

Cara pengoprasian motor secara hubung bintang-segitiga, *selector switch* diposisikan ke bintang-segitiga kemudian pastikan lampu *indicator ready* menyala. Setelah itu tekan *push button* warna hijau/ *PB Start*, lalu tegangan akan masuk untuk menghidupkan *magnetic contactor* 1 dan *magnetic contactor* 3 selama 0,5 detik dan motor akan beroperasi hubung bintang, setelah 0,5 detik secara otomatis *magnetic contactor* 3 berhenti beroperasi dan berpindah *magnetic contactor* 4 beroperasi sementara *magnetic contactor* 1 tetap beroperasi dengan ditandai lampu *indicator* motor secara hubung bintang-segitiga menyala. Pada fungsi motor secara bintang-segitiga ini, motor yang digunakan motor merek *MEZ* terminal yang digunakan pada

keluaran motor adalah terminal U1, V1, W1, U2, V2, W2 dan tegangan 3 fasa masuk melalui terminal U1, V1, W1 dan U2, V2, W2 untuk menghentikan putaran motor maka tekan tombol PB Stop (warna merah).

3.5 Uji Fungsi Pengintegrasian 3 Sistem Kendali Motor Induksi

Pada proses pengujian rancangan pengintegrasian 3 sistem kendali motor induksi dibagi menjadi 3 tahapan yaitu: Uji fungsi motor induksi dua arah putaran, uji fungsi motor induksi dua kecepatan, dan uji fungsi motor induksi secara *start* bintang-segitiga.

3.6 Uji Fungsi Motor Induksi Dua Arah Putaran

Pada proses pengujian rancangan pengintegrasian 3 sistem kendali motor induksi dua arah putaran menggunakan motor induksi merek *western electric* yang mempunyai daya 0,75 kw / 1 HP (50 Hz) pada pengujian fungsi motor induksi dua arah putaran dapat dilihat pada tabel 3 berikut.

Tabel 3 Uji Coba Motor Dua Arah Putaran

No	Putaran Motor	Arus (Ampere)					RPM	Tegangan (Volt)		
		t1	t2	t3	t4	t5		R-S	R-T	S-T
1	Kanan	1,7	1,4	1,4	1,4	1,4	998	364	367	373
2	Kiri	1,6	1,3	1,3	1,3	1,3	998	364	367	373

Pada tabel 3 uji coba motor dua arah putaran diatas dijelaskan bahwa, pada saat motor putar kanan dicoba, putaran motor terukur 998 rpm, sementara arus yang terukur pada detik kesatu terukur 1,7 ampere dan pada detik kedua sampai detik kelima stabil pada 1,4 ampere. Pada saat motor putar kiri dicoba, putaran motor terukur 998 rpm, sementara arus yang terukur pada detik kesatu terukur 1,6 ampere dan pada detik kedua sampai detik kelima stabil pada 1,3 ampere. Adapun grafik uji coba motor dua arah putaran dapat dilihat pada gambar 12 berikut.



Gambar 12 Grafik Uji Coba Motor Dua Arah Putaran

Dari hasil uji coba yang telah dilakukan dapat dianalisis sebagai berikut:

Daya motor induksi merek *western electric* tertulis di *name plate* 0,75 kW/1HP, maka sesuai dengan rumus daya motor induksi dapat dihitung seperti berikut,

$$\begin{aligned} \text{*Motor putar kanan } P &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi \\ &= 1,73 \times 368 \times 1,46 \times 0,87 \\ &= 808,66 \text{ watt atau } 0,80 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{*Motor putar kiri } P &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi \\ &= 1,73 \times 368 \times 1,36 \times 0,87 \\ &= 753,27 \text{ watt atau } 0,75 \text{ kW} \end{aligned}$$

Jadi ketika motor putar kanan daya yang terukur sebesar 0,80 kW dan ketika motor putar kiri daya terukur sebesar 0,75 kW.

Rpm motor dua arah putaran kanan dan kiri terukur adalah 998, maka dapat dibandingkan dengan mencari nilai n_r sebagai berikut:

Diketahui

$$T = 7,8 \text{ Nm (Dari Data 6 POLE-1000 RPM SYNCHRONOUS SPEED50 Hz)}$$

$$P = 800 \text{ W (putar kanan)}$$

$$P = 750 \text{ W (putar kiri)}$$

Penyelesaian:

$$T = \frac{P}{\omega} \rightarrow \omega = \frac{P}{T} = \frac{800}{7,8} = 102,5 \text{ rad/sec}$$

$$\omega = \frac{2\pi \times nr}{60} \rightarrow nr = \frac{\omega \times 60}{2\pi} = \frac{102,5 \times 60}{2 \times 3,14} = 979 \text{ rpm}$$

(mendekati 998)

$$T = \frac{P}{\omega} \rightarrow \omega = \frac{P}{T} = \frac{750}{7,8} = 96,1 \text{ rad/sec}$$

$$\omega = \frac{2\pi \times nr}{60} \rightarrow nr = \frac{\omega \times 60}{2\pi} = \frac{96,1 \times 60}{2 \times 3,14} = 918 \text{ rpm}$$

(mendekati 998)

$$S = \frac{ns - nr}{ns} = S = \frac{1000 - 998}{1000} = 0,002 \text{ (0,2\%)} \text{ untuk motor dua arah putaran}$$

Jadi kecepatan rotasi rotor (n_r) tidak dapat mencapai kecepatan maksimal 1000rpm karena terdapat Slip (S). Dan Slip yang terukur sebesar 0,2%.

3.7 Uji Fungsi Motor Induksi Dua Kecepatan

Pada proses pengujian rancangan pengintegrasian 3 sistem kendali motor induksi dua kecepatan menggunakan motor rekondisi/gulung ulang dengan konstruksi 2 pole dan 4 pole, pada pengujian fungsi motor induksi dua kecepatan dapat dilihat pada tabel 4 berikut.

Tabel 4 Uji Coba Motor Dua Kecepatan

No	Kecepatan Motor	Arus (Ampere)					RPM	Tegangan		
		t1	t2	t3	t4	t5		R-S	R-T	S-T
1	Lambat	1,9	1,8	1,8	1,8	1,8	1494	364	367	373
2	Cepat	1,4	1,3	1,2	1,2	1,2	2980	364	367	373

Pada tabel 4 uji coba motor dua kecepatan diatas dijelaskan bahwa, pada saat motor putaran lambat dicoba, putaran motor terukur 1494 rpm, sementara arus yang terukur pada detik kesatu terukur 1,9 ampere dan pada detik kedua sampai detik kelima stabil pada 1,8 ampere. Pada saat motor putar cepat dicoba, putaran motor terukur 2980 rpm, sementara arus yang terukur pada detik kesatu terukur 1,4 ampere pada detik kedua terukur 1,3 ampere dan pada detik ketiga sampai detik kelima stabil pada 1,2 ampere. Adapun grafik uji coba motor dua kecepatan dapat dilihat pada gambar 13 berikut.



Gambar 13 Grafik Uji Coba Motor Dua Kecepatan

Dari hasil uji coba yang telah dilakukan dapat dianalisis sebagai berikut:

Daya motor dua kecepatan ini belum diketahui, karena motor dua kecepatan ini motor rekondisi (motor yang telah digulung ulang) untuk mengetahui daya motor dua kecepatan ini maka dapat dihitung sesuai dengan rumus daya motor induksi seperti berikut,

Motor putaran lambat (1500rpm)

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi$$

$$= 1,73 \times 368 \times 1,82 \times 0,8$$

$$= 926,94 \text{ watt atau } 0,92 \text{ kW}$$

Motor putaran cepat (3000rpm)

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi$$

$$= 1,73 \times 368 \times 1,26 \times 0,8$$

$$= 641,73 \text{ watt atau } 0,64 \text{ kW}$$

Jadi daya motor dua kecepatan sebesar 0,92kW untuk motor putaran lambat dan 0,64 kW untuk motor putaran cepat.

Rpm motor dua kecepatan terukur adalah 1494rpm untuk putaran lambat dan 2980rpm untuk putaran cepat, karena motor yang digunakan motor rekondisi (gulung ulang), maka dapat dibandingkan dengan mencari nilai S (Slip) sebagai berikut:

Diketahui

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$P = 0,92 \text{ kW (untuk putaran lambat, 4 pole)}$$

$$P = 0,64 \text{ kW (untuk putaran cepat, 2 pole)}$$

Penyelesaian:

$$n_{s1} = \frac{120 \times f_1}{p} = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ rpm}, n_{s2} = \frac{120 \times f_1}{p} = \frac{120 \times 50}{2} = 3000 \text{ rpm},$$

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} = S = \frac{1500 - 1494}{1500} = 0,004 \text{ (0,4\%)} \text{ untuk motor putaran lambat}$$

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} = S = \frac{3000 - 2980}{3000} = 0,006 \text{ (0,6\%)} \text{ untuk motor putaran cepat}$$

Untuk mencari nilai torsi dengan cara sebagai berikut:

$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{920}{156,3} = 5,8 \text{ Nm} \longrightarrow \omega = \frac{2\pi \times n_r}{60} = \frac{2 \times 3,14 \times 1494}{60} = 156,3 \text{ rad/sec}$$

$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{640}{311,9} = 2,05 \text{ Nm} \longrightarrow \omega = \frac{2\pi \times n_r}{60} = \frac{2 \times 3,14 \times 2980}{60} = 311,9 \text{ rad/sec}$$

Jadi torsi untuk motor putaran lambat sebesar 5,8 Nm, dan untuk motor putaran cepat sebesar 2,05 Nm.

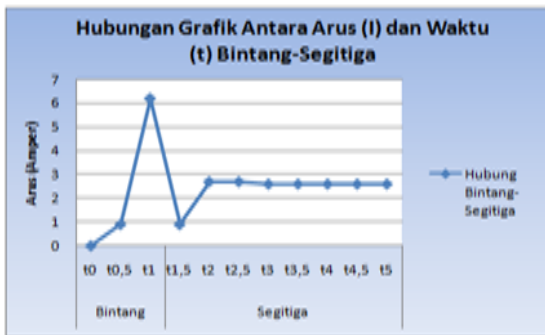
3.8 Uji Fungsi Motor Induksi Secara hubung Bintang-Segitiga

Pada proses pengujian rancangan pengintegrasian 3 sistem kendali motor induksi secara hubung bintang-segitiga menggunakan motor induksi merek MEZ yang mempunyai daya 4kW/5,5 HP (50 Hz). Pada pengujian fungsi motor induksi secara hubung bintang-segitiga dapat dilihat pada tabel 5 berikut.

Tabel 5 Uji Coba Motor Secara Hubung Bintang-Segitiga

keterangan	Bintang			Segitiga								RPM	Tegangan		
	t0	t0,5	t1	t1,5	t2	t2,5	t3	t3,5	t4	t4,5	t5		R-S	R-T	S-T
Hubung Bintang-Segitiga	0	0,9	6,2	0,9	2,7	2,7	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2998	364	367	373

Pada tabel 5 uji coba motor induksi secara hubung bintang-segitiga dijelaskan bahwa, Uji coba putaran motor baik saat hubung bintang ataupun segitiga memiliki kecepatan yang sama yaitu 2998 rpm. Sementara untuk arus yang terukur pada detik ke 0,5 arus terukur sebesar 0,9 ampere dan pada detik kesatu terjadi lonjakan arus maksimal sebesar 6,2 ampere, pada detik ke 1,5 arus kembali turun ke titik terendah sebesar 0,9 ampere dan pada detik kedua arus kembali melonjak sampai 2,7 ampere lalu ampere motor mengalami penurunan kembali pada detik ke 2,5 sebesar 2,7 ampere dan terus menurun sampai 2,6 ampere. Arus konsisten setelah melalui detik ke 3 sebesar 2,6 ampere. Adapun grafik uji coba motor hubung bintang-segitiga dapat dilihat pada gambar 14 berikut.



Gambar 14 Grafik Uji Coba Motor Secara Hubung Bintang-Segitiga

Dari hasil uji coba yang telah dilakukan dapat dianalisis sebagai berikut:

Daya motor induksi merek *MEZ* tertulis di *name plate* 4 kW/5,5HP maka, sesuai dengan rumus daya motor induksi dapat dihitung seperti berikut,

$$\begin{aligned}
 P &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi \\
 &= 1,73 \times 368 \times 2,6 \times 0,87 \\
 &= 1440,07 \text{ watt atau } 1,4 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Jadi daya motor pada saat beroperasi normal tidak melebihi daya yang tertera di *name plate* sebab motor bekerja tanpa beban.

Rpm motor secara hubung bintang-segitiga terukur adalah 2998, maka dapat dibandingkan dengan mencari nilai n_r sebagai berikut:

Diketahui

$T = 13,3 \text{ Nm}$ (Dari Data 2pole-synchronous speed 3000rpm 415V 50Hz Duty cycle S1 IP54 (71to100 frame) IP55 (112 to 200 frame) Class F)

$P = 4000 \text{ W}$ (tertera pada *name plate*)

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{P}{\omega} \rightarrow \omega = \frac{P}{T} = \frac{4000}{13,3} = 300,75 \text{ rad/sec} \\
 \omega &= \frac{2\pi \times n_r}{60} \rightarrow n_r = \frac{\omega \times 60}{2\pi} = \frac{300,75 \times 60}{2 \times 3,14} = 2873,42 \text{ rpm (mendekati 2998)}
 \end{aligned}$$

Jadi kecepatan rotasi rotor (n_r) tidak dapat mencapai kecepatan maksimal 3000rpm karena terdapat rugi-rugi dan Slip (S), dan daya motor masih rendah dikarenakan motor beroperasi tanpa beban.

Perbandingan mencari S (Slip) dengan rpm yang terukur sebagai berikut :

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} = S = \frac{3000 - 2998}{3000} = 0,0006 \text{ (0,06\%)}$$

untuk motor hubung bintang-segitiga.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan bahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sesuai tujuan penelitian yaitu: Pengoperasian motor induksi dua arah putaran, pada proses pengujian untuk pengoperasian motor induksi dua arah dapat beroperasi dengan baik. Pengoperasian motor induksi dua kecepatan, pada proses pengujian untuk pengoperasian motor induksi dua kecepatan menggunakan motor rekondisi/gulung ulang jadi dapat dilihat dari hasil uji coba dan di bandingkan dengan perhitungan maka dapat disimpulkan hasil rangkaian untuk fungsi motor dua arah putaran dapat beroperasi dengan baik. Pengoperasian motor induksi secara hubung bintang segitiga, pada proses pengujian untuk pengoperasian motor induksi secara hubung bintang-segitiga ini memperoleh hasil seperti pada tabel di atas, dilihat dari hasil uji coba dan di bandingkan dengan perhitungan maka dapat disimpulkan hasil rangkaian untuk fungsi motor secara hubung bintang-segitiga dapat beroperasi dengan baik.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zuhail. Prinsip Dasar Elektro Teknik. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama, 2004.
- [2] Hariansyah .M. Bahan ajar motor induksi tiga fasa Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor.
- [3] Peraturan Umum Instalasi Listrik 2000. Bagian 5.5.4.1
- [4] Fitri Puspitasari Putri, Uhlil Mahdaniah. Perencanaan dan Pembuatan Alat Pengaman Untuk Menghindari Terjadinya Pemadaman Listrik Total di Laboratorium Reparasi Listrik. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-NonDegree-14537-paperpdf.pdf> di unduh 22/08/17
- [5] *Rangkaian Direct On Line (DOL), 2011.* <https://electricdot.wordpress.com/2011/07/31/rangkaian-direct-on-line-dol/>
- [6] Totok Nur Alif, Sugeng Budi H. 2011. Dasar Kontrol Konvensional <https://totoktpfl.files.wordpress.com/2011/02/kontrol-konvensional.pdf> diunduh 22/08/17 22.40