

# PENGASUTAN BINTANG – SEGITIGA DAN Pengereman PLUGGING MOTOR INDUKSI TIGA FASA MENGGUNAKAN SMART RELAY

Feranita, Amir Hamzah dan Iswadi HR,

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Riau,  
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Pekanbaru, 28293, Indonesia

Email: [feranita@unri.ac.id](mailto:feranita@unri.ac.id)

## ABSTRAK

Pengasutan bintang – segitiga dan pengereman plugging motor induksi tiga fasa dengan menggunakan smart relay dilakukan untuk mengurangi lonjakan arus 5-7 kali dari arus nominalnya. Komponen utamanya antara lain : motor induksi tiga fasa, kontaktor, dan smart relay. Program yang telah dibuat pada software zelio soft 2 kemudian ditransfer ke dalam smart relay yang nantinya program tersebut akan dieksekusi oleh kontaktor untuk menggerakkan kontak-kontaknya. Pada kontaktor dirangkai rangkaian bintang segitiga dan pengereman plugging. Pada saat tombol start ditekan motor berputar dan terangkai bintang, Q<sub>1</sub> dan Q<sub>2</sub> ON. Dengan menggunakan timer, selang beberapa saat motor terhubung segitiga, Q<sub>1</sub> dan Q<sub>3</sub> ON. Pada saat tombol stop ditekan motor berhenti dengan menggunakan tundaan waktu, Q<sub>4</sub> dan Q<sub>2</sub> ON sesaat dan motor melakukan pengereman plugging dengan membalik arah putaran motor.

**Kata Kunci:** Motor induksi tiga fasa, Smart Relay, Sensor tegangan, ZELIO SOFT 2.

## PENDAHULUAN

Motor induksi lebih banyak dipilih karena memiliki keunggulan seperti konstruksinya yang sederhana, harganya lebih murah dibandingkan motor jenis lain, serta perawatannya yang mudah. Namun pada saat start awal motor ini akan mengalami lonjakan arus yang sangat tinggi sampai tujuh kali arus normal. Keadaan ini sangat mengganggu kegiatan di perindustrian walaupun hanya terjadi dalam waktu yang singkat.

Pembahasan mengenai motor induksi yang ada lebih banyak mengacu pada sistem start langsung, pengaturan putaran dan sistem pengaman motor. Selain hal-hal tersebut, sebenarnya ada hal lain yang perlu di perhatikan yaitu pengasutan bintang – segitiga dan sistem pengeremannya. Dalam hal ini timbul pertanyaan apakah perlu dilakukannya pengasutan bintang segitiga dan pengereman pada motor induksi? Pada dasarnya pengasutan bintang segitiga dan pengereman pada motor induksi perlu dilakukan, sebab pengasutan bintang segitiga sangat berguna untuk mengurangi lonjakan arus start pada motor 5-7 arus nominalnya dan pengereman perlu dilakukan apabila terjadi gangguan dalam proses produksi sedangkan motornya tetap berjalan dikhawatirkan dapat merusak motor tersebut dan alat-alat yang lain.

Maka pada hal ini dilakukan pemograman dengan menggunakan *smart relay* sebagai pengontrol yang akan menghubungkan belitan stator pada hubungan bintang ke hubungan segitiga saat motor distart. Pengasutan bintang – segitiga dan pengereman plugging motor induksi tiga fasa menggunakan smart relay.

## BAHAN DAN METODE

Motor induksi tiga fasa pada dasarnya terdiri dari 2 bagian yaitu stator dan rotor. Statornya terbuat dari besi berlaminasi dan mempunyai alur-alur dimana kumparan stator tiga fasa diletakkan

Hampir 90% motor induksi menggunakan rotor sangkar, hal ini disebabkan karena jenis yang paling sederhana dan konstruksinya paling kuat. Motor induksi dengan rotor bajing rotornya terdiri dari silindris terlaminasi dengan alur-alur paralel yang berisi konduktor rotor (umumnya berupa batang-batang tembaga, aluminium, maupun besi) yang dihubung singkat dengan cara di cor sehingga tidak dapat dibuka. Motor ini mempunyai arus start yang besar sekali yaitu 3 sampai 5 kali arus nominalnya, bahkan dapat mencapai 7 kali arus nominalnya. Alur pada rotor biasanya dibuat sedikit bergeser dari sumbu poros. Hal ini dibuat dengan tujuan untuk :

1. Mengurangi noise (suara) pada waktu rotor berputar.

- Untuk mencegah agar rotor tidak terkunci secara magnetic

### Pengasutan Bintang – Segitiga Motor Induksi Tiga Fasa

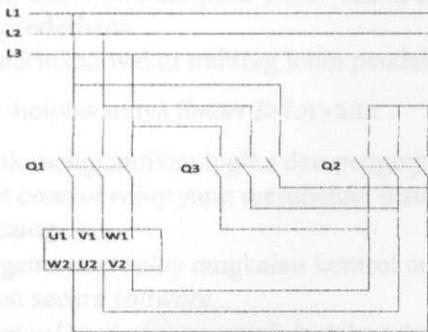
Pada pengasutan ini selama periode start lilitan motor akan berada dalam hubungan bintang dan setelah selang waktu tertentu akan berpindah ke hubungan lilitan segitiga. Dengan cara ini kenaikan arus start dapat dibatasi hingga sepertiga kali saja dibandingkan bila motor langsung terhubung segitiga. Gambar berikut memperlihatkan rangkaian daya rangkaian bintang-segitiga.

Motor induksi dengan daya menengah dan besar antara 10 kW sampai 50 kW menggunakan pengendalian bintang –segitiga untuk starting awalnya. Saat motor terhubung bintang arus starting hanya mengambil sepertiga dari arus starting jika dalam hubungan segitiga.

Hubungan bintang sebuah motor dapat diketahui dari hubugan kawat pada terminal motor. Terminal W2, U2, V2 dikopel jadi satu, sedangkan terminal U1 dihubungkan ke jala-jala L1, terminal V1 dihubungkan ke jala-jala L2 dan terminal W1 ke jala-jala L3.

Hubungan segitiga dalam hubungan terminal motor diketahui dari kombinasi hubungan jala-jala L1-U1-W2, jala-jala L2-V1-U2, dan jala-jala L3-W1-V2.

Pada motor induksi tiga fasa menggunakan 3 buah kontaktor yang akan dihubungkan bintang-segitiga.

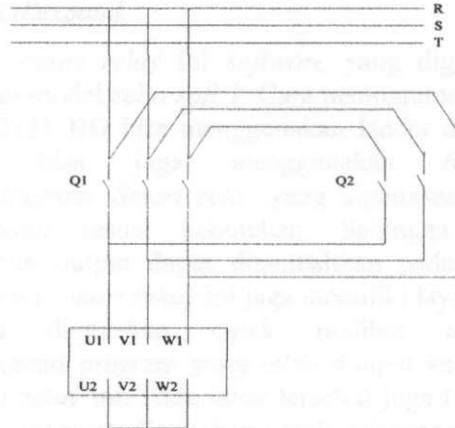


Gambar 1. Rangkaian Bintang – Segitiga

### Metode Plugging

Pengereman plugging dilakukan dengan cara merubah urutan fasa sumber motor yang bersangkutan (seperti rangkaian membalik arah putaran motor). Dengan membalik urutan fasa dari motor induksi, maka akan timbul suatu fluks yang besarnya konstan tetapi arahnya berlawanan. Hal ini mengakibatkan arus dan tegangan yang mengalir pada motor makin lama akan semakin kecil dan terjadi pengereman. Dengan demikian

motor akan mendapat kopel lawan dan segera berhenti. Tindakan pengereman hanya dilakukan sesaat saja. Jika terjadi terlalu lama maka motor akan berputar berlawanan arah.



Gambar 2. Rangkaian Pengereman plugging

### Zelio Logic Smart Relay

*Smart relay* adalah suatu alat yang dapat diprogram oleh suatu bahasa tertentu yang digunakan untuk sistem automasi. *Smart relay* memiliki ukuran yang kecil dan relatif ringan. *Zelio logic smart relay* didesain untuk automated sistem yang biasa digunakan pada aplikasi industri dan komersial. Untuk keperluan industri biasanya digunakan untuk aplikasi *small finishing, packaging* dan juga proses produksi. Selain itu juga digunakan juga untuk mesin-mesin yang berskala kecil sampai dengan skala yang besar dan terkadang juga digunakan untuk *home industry*. Untuk sektor komersial atau bangunan biasa digunakan untuk alat penggulung, pintu masuk, instalasi listrik, compressor dan lain-lain yang menggunakan sistem automasi.

Fungsi *smart relay* adalah merupakan suatu bentuk khusus dari pengontrol berbasis mikroprocessor yang memanfaatkan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi dengan aturan tertentu dan dapat mengimplementasikan fungsi-fungsi khusus seperti logikasequencing, pewaktuan (*timing*), pencacahan (*counting*) dan aritmatika dengan tujuan mengontrol mesin-mesin dan proses-proses yang akan dilakukan secara otomatis dan berulang-ulang. *Smart relay* ini dirancang sebaik mungkin agar mudah dioperasikan dan dapat di program oleh non-programer khusus. Oleh karena itu perancang *smart relay* telah menempatkan sebuah program awal (*interpreter*) di dalam piranti ini yang memungkinkan pengguna menginput program-program kontrol sesuai dengan kebutuhan mereka dalam suatu bentuk bahasa pemrograman yang relatif sederhana dan

mudah untuk dimengerti dan dapat diubah atau diganti dengan mudah sesuai dengan kebutuhan.

Pemrograman yang dilakukan pada *smart relay telemecanique* adalah dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara menggunakan tombol-tombol yang terdapat pada *smart relay* sehingga dapat mengubah program secara langsung dari *smart relay* tersebut. Selain itu pemrograman juga bisa dilakukan dengan komputer yang menggunakan *software "zelio soft 2"*.

Cara kerja *smart relay* pertama adalah memeriksa kondisi input. *Smart relay* akan memeriksa setiap input yang ada. Kemudian semuanya akan diinputkan ke dalam memori. Langkah kedua adalah mengeksekusi program pada sebuah instruksi, sehingga kerja *smart relay* adalah berdasarkan program. Setiap kondisi ditentukan oleh programnya. Langkah terakhir *smart relay* mengatur status pada perangkat keluaran. Dapat kita lihat *smart relay* sangat penting dalam suatu proses.

Keuntungan dalam menggunakan *smart relay* adalah :

- Pemrograman yang sederhana. Dengan adanya layar LCD yang besar dengan *backlight* memungkinkan dilakukannya pemrograman melalui *front panel* atau menggunakan *smart relay*.
- Instalasi yang mudah.
- Sangat mudah untuk diimplementasikan dan waktu implementasi proyek lebih cepat.
- Bersifat fleksibel dan sangat handal.
- Lebih ekonomis daripada PLC untuk aplikasi yang sederhana.
- Memerlukan waktu training lebih pendek.

Tujuan diciptakannya *Smart Relay* yaitu :

1. Untuk menggantikan logika dan pengerjaan sirkuit *control relay* yang merupakan instalasi langsung.
2. Dengan *smart relay* rangkaian kontrol cukup dibuat secara *software*.
3. *Smart relay* dirancang untuk instalasi dan perawatan oleh teknisi elektrik industri yang tidak harus mempunyai skill elektronika tinggi.

Pemilihan *smart relay* :

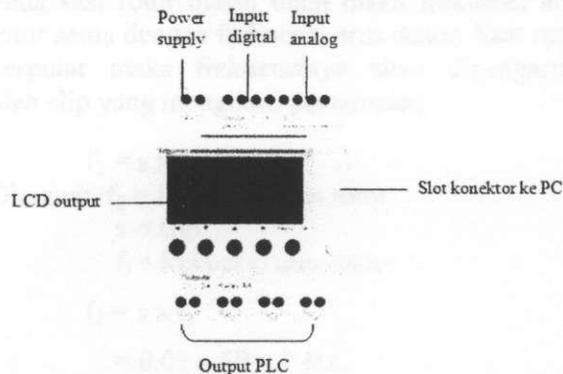
1. Pemilihan *smart relay* diturunkan dari sebuah aplikasi.
2. Perhatikan batasan kemampuan *smart relay*.
3. Inventarisasi jenis sinyal/tegangan yang ditangani (analog/digital, AC/DC).

### *Smart Relay SR2B121BD* Buatan *Schneider*

*Smart relay* yang digunakan adalah merk *schneider telemecanique SR2 B121 BD*. *Smart relay* ini merupakan *smart relay* modular yang dapat *diexpand*.

Pada *smart relay* ini *software* yang digunakan adalah model *zelio soft 2*. Cara pemrograman pada SR B121 BD bisa menggunakan ladder diagram atau bisa juga menggunakan *function blokdiagram*. *Smart relay* yang digunakan dapat *diexpand* sesuai kebutuhan. Sehingga input maupun output dapat ditambahkan pada *smart relay* ini. *smart relay* ini juga memiliki layar yang dapat digunakan untuk melihat maupun mengganti program yang telah diinput ke dalam *smart relay* ini. Pada layar tersebut juga terdapat *backlight* yang digunakan untuk menerangi layar tersebut agar memudahkan pembacaan pada layar tersebut. *Smart relay* ini juga memiliki data backup yang dilakukan oleh *Flash Memory*. Komunikasi yang digunakan adalah jaringan Modbus. *Smart relay* ini memiliki *range power supply* 24 VDC. Batasan tegangan supplynya adalah 19,2-30 VDC. Arus nominalnya 70 mA tanpa *extensions*, jika menggunakan *extensions* 180 mA.

Pada gambar dibawah dapat kita lihat bahwa *smart relay* ini memiliki tombol-tombol yang dapat kita gunakan untuk membuat program langsung pada *smart relay*. Atau *smart relay* ini dapat kita program melalui *software Zelio Soft 2*.



Gambar 3. Zelio Logic Smart Relay SR2 B121 BD

Zelio SR B121 BD merupakan merupakan *smart relay* generasi ke 2, jenis modular yang akan dipakai ini dirancang untuk sebuah sistem otomasi. Adapun keunggulan dari tipe modular ini adalah hanya membutuhkan *supply* 24 volt dengan I/O berjumlah 12 buah dan input analog berjumlah 4. Zelio SR2 B121 BD ini juga merupakan sebuah smart PLC yang memiliki CPU, memori dan relai yang terintegrasi di dalamnya. Selain itu juga, zelio dengan tipe ini mampu untuk diekspansi jumlah input/output-nya.

Berbeda dengan PLC biasa, Zelio SR2 B121 BD memiliki input analog yang berfungsi untuk memudahkan dalam penggunaan input berupa data analog dan perbandingan tegangan. Pemrograman yang dipakai pada smart relay ini adalah menggunakan *software Zelio Soft 2*. Bahasa pemrograman yang dipakai adalah *Ladder Diagram (LD)*.



Gambar 4. Layout yang Menggunakan software zelio soft 2

Pada *ladder language* terdapat dua macam simbol yang dapat digunakan yaitu ladder simbol dan elektrikal simbol. Pada ladder simbol terdapat 120 baris yang dapat digunakan untuk program. Fitur-fitur yang ada adalah timer, yang digunakan untuk menghitung delay baik on/off. Counter yang digunakan untuk menghitung maju atau mundur. Analogue comparator dan counter comparator yang digunakan untuk membandingkan. Clock yang digunakan untuk range waktu yang valid selama melakukan proses. kontrol relay yang digunakan sebagai internal relay. Input dan output coil dan juga terdapat kolom comment untuk memberi komentar pada tiap barisnya. Sedangkan gambar 2.13 adalah contoh layout yang menggunakan *Ladder Diagram (LD)*.

Selain itu *Software* ini juga dapat digunakan untuk simulasi, monitoring, dan pengawasan. Selain itu juga dapat meng-upload dan men-download program. Dapat dibuat dalam bentuk file. Meng-compile program secara otomatis. Selain itu juga terdapat menu *on-line help*.

### Kontaktor

Kontaktor adalah peralatan listrik yang bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Pada kontaktor terdapat sebuah belitan yang mana bila dialiri arus listrik akan timbul medan magnet pada inti besinya yang akan membuat kontakannya tertarik oleh gaya magnet yang timbul tadi. Kontak bantu NO (Normally Open) akan menutup dan kontak bantu NC (Normally Close) akan membuka

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Spesifikasi Motor Yang Digunakan

Daya motor	: 1 HP
Sumber tegangan input	: 380/660 Volt
Arus	: 1.42 / 0.82 A
Frekuensi	: 50 Hz
Nr	: 1497 rpm( beban nol )
Cos φ	: 0.8

Apabila sumber tegangan tiga fasa dipasang pada kumparan stator, timbullah kecepatan medan putar ( $n_s$ ),

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

Dimana :  $N_s$  = kecepatan stator  
 $f$  = frekuensi  
 $P$  = kutub

$$N_s = \frac{120 \cdot 50}{4} = 6000 : 4 = 1500 \text{ rpm}$$

Perbedaan kecepatan sinkron medan putar ( $n_s$ ) dan kecepatan rotor ( $n_r$ ) disebut slip. Besarnya slip yang terjadi adalah :

$$s = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100\%$$

Dimana :  $S$  = slip  
 $N_s$  = kecepatan sinkron/medan putar  
 $N_r$  = kecepatan putar rotor

$$s = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100\% = \frac{1500 - 1497}{1500} \times 100\% = 0.02\%$$

Pada saat rotor masih diam maka frekuensi arus rotor sama dengan frekuensi arus stator. Saat rotor berputar maka frekuensinya akan dipengaruhi oleh slip yang mengikuti persamaan:

$$f_2 = s \times f_1$$

Dimana:  $f_2$  = frekuensi arus rotor  
 $s$  = slip  
 $f_1$  = frekuensi arus stator

$$f_2 = s \times f_1 = 0,02 \times 50 = 1 \text{ Hz}$$

Jadi frekuensi arus rotor adalah 10 Hz.

Arus pada hubungan bintang

$$V_{f-\sqrt{3}} = \frac{V_L}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220 \text{ volt}$$

$$\text{Untuk } I_L = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot \cos \varphi} = \frac{746}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.8}$$

$$= 1.42 \text{ A}$$

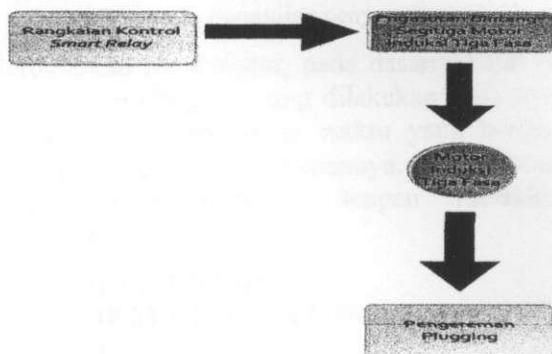
$$I_L = I_f = 1.42 \text{ A}$$

Pada hubungan segitiga

$$V_1 = V_f = 380 \text{ volt}$$

$$I_L = \sqrt{3} \times I_f = \sqrt{3} \times 1.42$$

$$= 2.5 \text{ A}$$

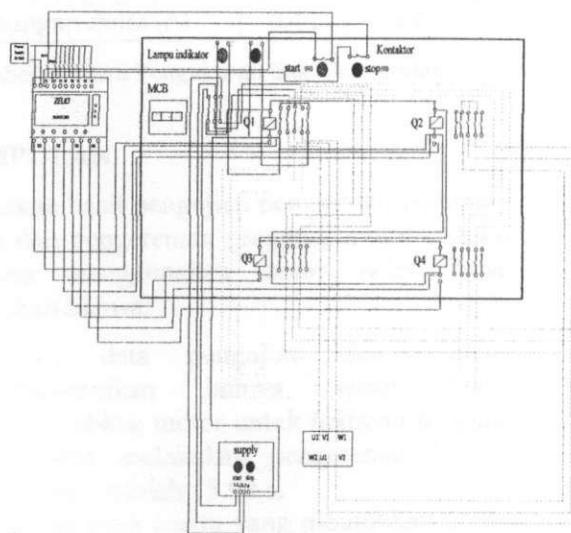


Gambar 5. Diagram Blok Keseluruhan

ketika *power supply* 24 dc dihidupkan maka akan memberikan arus searah yang kemudian akan menghidupkan *smart relay*. Kemudian *smart relay* diisi program dari komputer dimana nantinya koil dari kontaktor disambungkan ke kontaktor yang terdapat pada *smart relay* Output dari *smart relay* inilah yang nanti akan menggerakkan kontak - kontak pada kontaktor. kontak - kontak kontaktor yang telah dirangkai dengan *smart relay* akan membaca program yang telah dimasukkan pada *smart relay* tersebut untuk melakukan starting bintang segitiga dan pengereman plugging. Jika motor berputar dan berhasil melakukan starting bintang segitiga maka lampu indikator On akan menyala ( yang berwarna hijau ). Dan ketika tombol stop ditekan motor akan berhenti dan lampu indikator Off akan padam ( yang berwarna merah). Itu tandanya alat telah selesai digunakan. Matikan *smart relay* dan kemudian matikan *power supply*.

### Pengujian Rangkaian Pengasutan Bintang-Segitiga Dan Pengereman Plugging Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Smart Relay.

Setelah pengujian rangkaian kontrol dan rangkaian daya selesai dilakukan, langkah selanjutnya melakukan pengujian rangkaian secara keseluruhan. Dengan menggabungkan rangkaian daya, rangkaian kontrol, dan rangkaian pengereman plugging. Berikut ini adalah rangkaiannya :



Gambar 6..Pengujian Pengasutan Bintang – Segitiga Dan Pengereman Plugging Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Smart Relay

Catatan :

Warna hitam : rangkaian kontrol

Warna merah : rangkaian starting bintang segitiga

Warna biru : rangkaian pengereman plugging

Untuk melakukan starting motor induksi tiga fasa dan pengereman plugging membutuhkan 4 buah kontaktor.

Pada saat saklar  $I_1$  ditekan  $Q_1$  dan  $Q_2$  ON motor terhubung bintang. Bersamaan dengan  $Q_1$  ON maka  $T_1$  pun aktif dan meng OFF kan  $Q_2$ . Beberapa saat kemudian timer yang disetting 5 detik pun energized dan mengaktifkan  $T_3$ . Beberapa saat kemudia  $T_3$  yang disetting 1 detik energized dan mengaktifkan  $Q_3$ .  $Q_1$  dan  $Q_3$  ON dan motor terhubung segitiga.

Pada saat  $I_2$  ditekan maka  $Q_1$  dan  $Q_3$  OFF dan motor berhenti berputar. Maka  $M_1$  energized dan mengaktifkan  $T_4$ . Beberapa saat kemudian timer yang disetting 1 detik pun energized dan  $Q_4$  ON. Bersamaan  $Q_4$  ON maka  $T_2$  aktif. Dan timer yang disetting 0.1 detik energized  $Q_2$  dan  $Q_4$  ON dan motor melakukan pengereman secara plugging dengan membalik arah putaran motor.

Prinsip kerja rangkaian yang ada pada program *smart relay* yang diterapkan pada rangkaian pengasutan bintang – segitiga dan pengereman plugging motor induksi tiga fasa menggunakan *smart relay*.

### Hasil Pengujian Pengereman Plugging

Setelah dilakukan pengereman plugging sebanyak 5 x didapatkan waktu yang diperlukan untuk pengereman berbeda – beda.

No	Lama nya pengereman plugging (reverse)/ detik
	18.03
	14.07
	17.70
	12.53
	17.66

Waktu rata-rata = 15.99 s

Tabel 1. Pengujian pengereman

Berdasarkan tabel diatas, pada dasarnya tiap-tiap pengereman plugging yang dilakukan pada setiap motor akan mendapatkan waktu yang berbeda-beda pada setiap pengeremannya. Jadi, rata-rata waktu motor berhenti dengan melakukan pengereman yaitu :

$$\begin{aligned}
 t_{\text{rata-rata}} &= t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 \\
 &= 18.03 + 14.07 + 17.70 + 12.53 + 17.66 \\
 &= 15.99 \text{ s}
 \end{aligned}$$

#### Hasil Pengujian Tanpa Melakukan Pengereman

Setelah melakukan pengujian dengan pengereman. Kemudian lakukan pengujian tanpa melakukan pengereman agar terlihat adanya perbandingan antara menghentikan putaran motor dengan pengereman dan menghentikan putaran motor tanpa pengereman.

Hasil pengujian tanpa pengereman yaitu :

No	Lama nya motor berhenti tanpa pengereman/ detik
	55.11
	53.57
	58.89
	1.02.89
	1.06.09

Tabel 2. Pengujian Tanpa Pengereman

Dari data pengujian tanpa pengereman diatas didapatkan waktu yang berbeda-beda pada setiap dilakukan pengujian. Rata - rata waktu yang dibutuhkan motor untuk berhenti yaitu :

$$\begin{aligned}
 t_{\text{rata-rata}} &= t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 \\
 &= 55.11 + 53.57 + 58.89 + 1.02.89 + 1.06.09 \\
 &= 59.65 \text{ s.}
 \end{aligned}$$

#### Hasil Pengukuran Arus Dan tegangan Pada Saat Pengasutan

Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan pada saat pengasutan motor induksi maka didapatkan data seperti berikut

Pengasutan	I (A)	V (Volt)
Hubungan bintang (Y)	0.22	380

Hubungan delta ( $\Delta$ )	0.43	380
-----------------------------	------	-----

Tabel 3. Hasil Pengukuran Saat Pengasutan

#### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian pengasutan bintang - segitiga dan pengereman plugging motor induksi tiga fasa menggunakan *smart relay* dapat disimpulkan bahwa:

1. Dari data pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa waktu yang dibutuhkan motor untuk berhenti berputar dengan melakukan pengereman rata - ratanya adalah 15.99 s.
2. Sedangkan waktu yang dibutuhkan motor untuk berhenti tanpa melakukan pengereman rata-rata nya adalah 59.65 s.
3. Arus yang diperoleh dari rangkaian bintang adalah 1.42 A, dan pada rangkaian segitiga adalah 2.5 A.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Penelitian Universitas Riau yang telah membantu penulis dalam pemberian dana penelitian berbasis laboratorium, sehingga penelitian ini dapat kami laksanakan dengan baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Magarisawa, Mabuchi Soelaiman, 1995, *MesinTak Serempak Dalam Praktek*, PT PRADNYA PARAITA, JAKARTA
- Produk *Datasheet Characteristics SR2121BD compact smart relay Zelio Logic-12 I/O-24 VDC-clock-display.*
- <http://datasheet.octopart.com/SR2B121BD-Telemecanique-datasheet-34393.html>.