

**ANALISIS PERHITUNGAN ARUS, DAYA, DAN KECEPATAN PADA  
RANGKAIAN MOTOR LISTRIK 3 PHASE DENGAN  
MENGUNAKAN TIME DELAY RELAY (TDR) DAN TANPA  
MENGUNAKAN TIME DELAY RELAY (TDR)**

*Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-Tugas Dan Sebagai Persyaratan Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik (S.T) Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas  
Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Oleh:**

**M. EFRI APRIANDI**

**NPM : 1407220026**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATRA UTARA  
MEDAN**

**2018**

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

ANALISA PERHITUNGAN ARUS DAYA DAN KECEPATAN PADA  
MOTOR LISTRIK 3 PHASA DENGAN MENGGUNAKAN  
TDR DAN TANPA MENGGUNAKAN TDR

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik (S.T) Program Studi Teknik Elektro  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Telah Diujikan Disidangkan Pada Tanggal :  
(29 September 2018)

Oleh :  
M.Efri apriandi  
1407220026

Pembimbing I

(Partaonan Harahap ST.MT)

Pembimbing II

(Muhammad Adam ST.MT)

Penguji I

(Edy wahman ST.MT)

Penguji II

(Zulfikar ST.MT)

Diketahui dan Disahkan  
Ketua Jurusan Teknik Elektro

(Faisal Irfan Pasaribu ST.MT)

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2018

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah Ini:

Nama : Muhammad Efri Afriandi

NPM : 1407220026

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik



Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir yang berjudul :

**“ANALISIS PERHITUNGAN ARUS, DAYA, DAN KECEPATAN PADA RANGKAIAN MOTOR LISTRIK 3 PHASE DENGAN MENGGUNAKAN TIME DELAY RELAY (TDR) DAN TANPA MENGGUNAKAN TIME DELAY RELAY (TDR)”**

Dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Medan, 15 Oktober 2018

Saya yang menyatakan,



**Muhammad Efri Afriandi**

1407220026

## ABSTRAK

Dari latar belakang penelitian ini bahwa pada beberapa industri masih banyak yang menggunakan rangkaian pengendali secara manual maupun yang menggunakan rangkaian kontrol pengendali *star delta* pada motor 3 phasa. Maka peneliti akan mencoba melakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan sistem *star delta* dengan rangkaian manual pada motor listrik AC induksi 3 phasa. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui lebih stabil mana lonjakan awal putaran motor listrik dalam proses *starting*, perbedaan arus, daya dan kecepatan motor listrik, hal-hal yang membedakan penggunaan rangkaian, mengetahui terjadinya *overshoot* antara rangkaian manual pada motor listrik 3 phasa dengan sistem *star delta*. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif. Dari hasil pengukuran dan pengujian yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan yaitu : beberapa selisih pada arus, daya dan kecepatan motor 3 phasa antara sistem manual dengan TDR dan Sistem manual tanpa TDR, Pada rangkaian pengendali dengan sistem manual dengan TDR Bintang (Y) arusnya sebesar 10A dan pada Bintang ( $\Delta$ ) sebesar 14 A, jika dibandingkan dengan rangkaian pengendali dengan sistem manual tanpa TDR Bintang (Y) arusnya sebesar 8,4 A dan pada Bintang ( $\Delta$ ) sebesar 12 A.

**Kata Kunci** : Sistem star delta, rangkaian manual, motor listrik 3 phasa.

## KATA PENGANTAR



Assalamu' Alikum Wr.Wb

Puji syukur kepada Allah Subhanahu Wataalla, atas rahmat, hidayah dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir yang berjudul

**” ANALISIS PERHITUNGAN ARUS, DAYA, DAN KECEPATAN PADA RANGKAIAN MOTOR LISTRIK 3 PHASE DENGAN MENGGUNAKAN TIME DELAY RELAY (TDR) DAN TANPA MENGGUNAKAN TIME DELAY RELAY (TDR)”**

Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan untuk memenuhi tugas-tugas dan syarat-syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Pada kesempatan yang berbahagia ini penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya atas motivasi, semangat dan dorongan dari berbagai pihak, baik berupa secara langsung atau tidak langsung maka pada kesempatan ini penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih dan rasa hormat kepada :

1. Kepada ayahanda (Rahman Ma'ruf) dan Ibunda (Yulinda Harahap) tercinta beserta keluarga besar yang saya sayangi.
2. Bapak Munawar Al Fansury Siregar, ST.MT selaku Dekan Fakultas Teknik
3. Bapak Dr. Ade Faisal, ST. M.Sc. selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik
4. Bapak Khairul Ummurani, ST.MT selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik
5. Faisal Irsan Pasaribu, ST. MT selaku Ketua Prodi Teknik Elektro

6. Partaonan Harahap, ST.MT selaku Sekretaris Prodi Teknik Elektro
7. Bapak Ir Edy Warman, MT selaku Pembimbing I yang banyak memberikan saran dan masukan kepada penulis demi kebaikan tugas akhir ini.
8. Bapak Zulfikar,ST.MT selaku Pembimbing II yang banyak memberikan saran dan masukan kepada penulis demi kebaikan tugas akhir ini.

Serta seluruh Staf Pengajar, Staf Administrasi dan rekan-rekan mahasiswa angkatan 2012 Program Studi Teknik Elektro atas bantuan dan kontribusinya dalam penyelesaian Tugas Akhir ini. Dan tidak melupakan sahabat dan saudara di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan yang telah memberi banyak dukungan, semangat, bantuan dan pengorbanan waktunya. Semoga Allah Subhanahu Wataalla memberikan kebahagiaan, berkah dan karunia kepada semua pihak yang telah membantu penulis sehingga selesai tugas akhir ini.

Harapan penulis kiranya tugas akhir ini dapat bermanfaat kepada siapa saja yang membaca, semua pengguna atau pemakai alat-alat dan kepada yang berminat dalam meneliti masalah ini saya ucapkan terima kasih.

Medan, .....2018

Penulis,

M. EFRI APRIANDI  
1407220026

## **DAFTAR ISI**

<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>KATA PENNGANTAR</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Metodologi Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
2.1 Tinjauan Pustaka .....	7
2.2 Teori Dasar Transistor.....	8
2.2.1 Transistor NPN.....	10
2.2.2 Transistor PNP .....	11
2.2.3 Karakteristik Operasi Transistor .....	12
2.2.4 Pemberian Tegangan Pada Transistor .....	18
2.2.5 Transistor Sebagai Penguat .....	19
2.2.6 Dioda Infra Merah.....	20

2.3 LDR.....	22
2.4 Photo Transistor .....	22
2.5 Buzzer.....	23
2.6 Transistor Pengaruh Medan (Field-Effect Transistor) .....	24
2.7 Transistor Pengaruh Medan Hubungan (JFET).....	24
2.7.1 JFET Kanal-N .....	26
2.7.2 JFET Kanal-P .....	27
2.7.3 Mosfet.....	27
2.7.4 Mosfet tipe N.....	28
2.7.5 Mosfet tipe P .....	28
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>38</b>
3.1 Tempat Lokasi Penelitian.....	38
3.2 Alat dan bahan.....	38
3.3 Jalanya Penelitian.....	39
3.4 Pengujian Rangkaian Mosfet .....	40
3.4.1 Pengujian rangkaian kerja Mosfet Pengukuran karakteristik input .....	40
3.4.2 Pengukuran karakteristik input.....	40
3.4.3 Pengukuran karakteristik output .....	40
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>44</b>
4.1 Analisa dan Perhitungan Rangkaian Ekuivalen Sinyal Besar .....	44
4.2 Analisa Data Perhitungan Rangkaian Mosfet pada DC .....	45
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>50</b>

5.1 Kesimpulan.....	50
5.2 Saran.....	51
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>52</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan transistor bipolar dan unipolar .....	8
--	---

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Simbol Transistor .....	8
Gambar 2.2 Karakteristik operasi tegangan transistor .....	12
Gambar 2.3 Transistor NPM.....	14
Gambar 2.4 Dasar Polaritas Transistor .....	19
Gambar 2.5 Spektrum Gelombang Elektromagnetik.....	21
Gambar 2.6 Lambang LDR.....	22
Gambar 2.7 Simbol Buzzer .....	23
Gambar 2.8 Transistor Pengaruh Medan Hubungan (JFET) .....	25
Gambar 2.9 Struktur Dasar JFET Jenis Kanal-N .....	26
Gambar 2.10 Struktur dasar JFET Jenis kanal-P .....	27
Gambar 2.11 Mosfet tipe N.....	28
Gambar 2.12 Mosfet tipe P .....	29
Gambar 2.13 Struktur Mosfet depletion-mode .....	30
Gambar 2.14 Penampang D-Mosfet .....	31
Gambar 2.15 Struktur Mosfet enhancement-mode .....	31
Gambar 2.16 Mosfet a. Simbol Mosfet b. Karakteristik Mosfet c. Karakteristik ideal Mosfet sebagai saklar.....	33
Gambar 2.17 Kurva transfer mosfet.....	34
Gambar 3.1 Rangkaian Kerja Mosfet.....	40
Gambar 3.2 Pengukuran karakteristik input dan output.....	41
Gambar 3.2 Rangkaian Mosfet .....	42
Gambar 3.4 Untuk mendapatkan arus ID.....	42

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Perkembangan teknologi yang sangat pesat di era globalisasi saat ini telah memberikan banyak manfaat dalam kemajuan diberbagai aspek sosial. Penggunaan teknologi oleh manusia dalam membantu menyelesaikan pekerjaan merupakan hal yang menjadi keharusan dalam kehidupan. Salah satunya peran mesin listrik yang sangat besar dalam mendukung kegiatan sehari-hari manusia, baik di dunia industri maupun rumah tangga. Salah satu mesin listrik yang digunakan adalah motor induksi. Kebanyakan motor induksi yang dipakai pada industri adalah motor induksi 3 phase. Hal ini karena motor induksi memiliki beberapa keunggulan dibanding jenis motor lain, diantaranya memiliki efisiensi yang relatif tinggi, konstruksi yang sederhana dan kuat, serta mudah dan murah dalam perawatannya. Perkembangan teknologi ini juga harus diikuti dengan perkembangan pada Sumber Daya Manusia (SDM). Manusia sebagai pengguna teknologi harus mampu memanfaatkan teknologi yang ada saat ini, maupun perkembangan teknologi tersebut selanjutnya.

Motor induksi dikenal sebagai mesin listrik yang handal. Motor induksi merupakan mesin listrik yang banyak menyerap energi, tetapi di industri banyak digunakan sebagai penggerak untuk mesin produksi. Dengan ciri-ciri banyak digunakan pada industri dan mempunyai jangka waktu umur 15-20 tahun, sistem pengoperasian dan pengontrolan menjadi hal yang sangat penting sehingga diperoleh efisiensi yang baik.

Pengontrolan motor dapat dilakukan dengan cara sangat sederhana sampai pada sistem pengontrolan yang cukup rumit. Bila motor listrik saat operasi dilepaskan dari sumber tegangannya, motor tidak langsung berhenti, tetapi masih berputar karena energikinetis dari rotor dan beban motor., sehingga diperlukan beberapa lama waktu sampai motor berhenti. Hal ini akan menyebabkan pemborosan waktu. Oleh karena itu diperlukan upaya agar motor cepat berhenti, yaitu dengan pengereman. Pengereman pada motor listrik khususnya motor listrik tiga Phase, dapat dilakukan dengan rem geser ( cara mekanis)dan dengan rem listrik. Dengan cara mekanis motor dapat berhenti karena adanya gesekan yang terjadi. Tentu hal ini membutuhkan waktu yang cukup lama. Untuk menghentikan motor dalam waktu singkat dapat dilakukan metode pengereman secara listrik. Salah satunya ialah menggunakan metode dinamik atau pengereman dengan arus searah. Metode pengereman dinamik sering digunakan di industri, sebab untuk pengereman dengan metodedinamik hanya memasukkan arus DC ke salah satu kumparan Phase motor listrik tiga Phase. Dalam tugas akhir ini terdapat permasalahan, yaitu bagaimana Analisis perhitungan arus, daya, dan kecepatan pada rangkaian motor listrik 3 phase dengan menggunakan Time Delay Relay (TDR) dan tanpa menggunakan Time Delay Relay (TDR), Dimana pengendalian motor induksi 3 Phase yang dapat bekerja secara bergantian berbeda dengan pengendalian beberapa motor induksi 3 Phase yang dapat bekerja secara berurutan. Jika pada pengendalian motor yang bekerja secara berurutan, bekerjanya motor 2 menunggu motor 1 bekerja lebih dahulu, bekerjanya motor 3 menunggu motor 2 bekerja lebih dahulu dan seterusnya. Tapi untuk pengendalian motor yang bekerja secara bergantian adalah sebagai berikut, jika motor 1 bekerja, motor 2 akan

berhenti, jika motor 2 bekerja, maka motor 1 akan berhenti. Pengendalian motor induksi 3 Phase yang dapat bekerja secara bergantian pada pembahsana kali ini dapat dioperasikan secara manual menggunakan kontaktor magnet tanpa Time Delay Relay (TDR), juga dapat dioperasikan secara otomatis menggunakan kontaktor magnet dengan Time Delay Relay (TDR). Dalam kontrol motor yang dioperasikan secara otomatis rangkaiannya terdiri dari beberapa komponen seperti magnetic contactor, MCB, overload relay, terminal block, push button, TDR, kabel, dll.

## **1.2 Batasan Masalah**

Berdasarkan penjelasan pada latar belakang, maka penelitian ini dibatasi pada:

1. Merangkai rangkaian motor listrik 3 phase, rangkaian sistem manual dengan TDR, rangkaian sistem manual tanpa TDR
2. Pengukuran tegangan, arus, daya dan kecepatan
3. Penghitungan daya, rata-rata, selisih dan rangkaian pemicu *overshoot*

## **1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dan manfaat pembuatan alat ini untuk:

### **a. Tujuan**

1. Memahami rangkaian kontrol motor bergantian dengan menggunakan TDR.
2. Memasang rangkaian kontrol motor bergantian dengan menggunakan TDR.
3. Memahami cara kerja kontaktor dan TDR
4. Melaksanakan instalasi sesuai dengan ketentuan PUIL 2000

## **b. Manfaat**

1. Dapat mengetahui rangkaian sistem manual dengan TDR, rangkaian sistem manual tanpa TDR
2. Dapat memberikan informasi bagi para peneliti untuk melaksanakan penelitian lanjutan.

## **1.4 Rumusan Masalah**

Dari latar belakang masalah yang telah diuraikan, maka masalah dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana menguji tegangan, arus, daya dan kecepatan.
2. Penghitungan daya, rata-rata, selisih dan rangkaian pemacu *overshoot*

## **1.5 Metodologi Penelitian**

Metode penelitian terdiri atas:

### **1. Studi Literatur**

Studi Literatur ini dilakukan untuk menambah pengetahuan penulis dan untuk mencari referensi bahan dengan membaca literature maupun bahan-bahan teori baik berupa buku, data dari internet.

### **2. Wawancara**

Metode wawancara dilakukan untuk mendapatkan informasi dengan cara bertanya langsung kepada responden.

### **3. Riset**

Metode Riset merupakan sebuah cara yang dapat digunakan untuk mencari suatu jawaban dengan melakukan penelitian. Biasanya penelitian dicampur adukkan dengan studi pustaka, pengumpulan data, pengumpulan informasi, penulisan makalah, kajian dokumentasi, perubahan kecil pada sebuah produk, dan lain-lain.

#### 4. Bimbingan

Metode bimbingan merupakan suatu jalur atau jalan yang harus dilalui untuk pencapaian suatu tujuan. Metode ini bisa dikatakan sebagai suatu cara tertentu yang digunakan dalam proses bimbingan secara umum ada dua metode dalam pelajaran bimbingan yaitu metode bimbingan individual dan metode bimbingan kelompok.

### **1.6 Sistematik Penulisan**

Skripsi ini tersusun atas beberapa bab pembahasan. Sistematikan penulisan tersebut adalah sebagai berikut:

#### **BAB I : PENDAHULUAN**

Pada bab ini menguraikan secara singkat latar belakang, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian, dan sistematik penelitian.

#### **BAB II : LANDASAN TEORI**

Dalam bab ini dijelaskan tentang teori-teori pendukung yang digunakan untuk menganalisis perhitungan arus, daya, dan kecepatan

pada rangkaian motor listrik 3 phase dengan menggunakan *Time Delay Relay* (TDR) dan tanpa menggunakan *Time Delay Relay*(TDR)

### **BAB III : METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini akan menerangkan tentang hasil pengukuran Analisis perhitungan arus, daya, dan kecepatan pada rangkaian motor listrik 3 phase dengan menggunakan *Time Delay Relay* (TDR) dan tanpa menggunakan *Time Delay Relay* (TDR)

### **BAB IV : ANALISIS DAN PENGUJIAN**

Pada bab ini berisi hasil pengukuran dan pengujian kelayakan perhitungan arus, daya, dan kecepatan pada rangkaian motor listrik 3 phase dengan menggunakan *Time Delay Relay* (TDR) dan tanpa menggunakan *Time Delay Relay* (TDR)

### **BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari penulisan skripsi.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Perangkat Hubung Bagi merupakan suatu perlengkapan untuk mengendalikan, membagi tenaga listrik atau melindungi sirkuit pemanfaat tenaga listrik. Adapun bentuknya dapat berupa box panel, atau lemari. Panel Hubung Bagi (PHB) adalah peralatan yang berfungsi menerima energi listrik dari PLN dan selanjutnya mendistribusikan, sekaligus mengontrol penyaluran energi listrik tersebut melalui sirkuit panel utama dan cabang ke PHB cabang atau langsung melalui sirkuit akhir beban yang berupa beberapa titik lampu dan kotak-kontak keperalatan listrik yang berada dalam bangunan.

Kontaktor merupakan komponen dari PHB yaitu sejenis saklar yang bekerja secara magnetik dimana kontak akan bekerja apabila kumparan diberi tegangan. Kontaktor magnetis sebagai alat yang digerakkan secara magnetis untuk menyambung dan membuka rangkaian daya listrik tanpa merusak beban-beban seperti lampu, pemanas, transformator, kapasitor, dan motor listrik. Relay yang fungsi dasarnya secara umum adalah sebagai saklar. [1]. Begitu pula dengan TDR sebagai saklar dimana kontak akan bekerja dipengaruhi oleh waktu yang ditentukan apabila kumparan diberi tegangan. Untuk dapat memanfaatkan TDR dan kontaktor secara tepat dibutuhkan pemahaman yang luas tentang bagian-bagian penyusunannya.

Selama ini pemahaman teoritis mengenai kontaktor dan TDR terkesan kurang. Berdasarkan permasalahan diatas penulis merasa perlu mendalami tentang pengoperasian kontaktor dan TDR. Dalam latar belakang ini sebagai tinjauan pustaka yang relevan dari berbagai penelitian yang dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu diantaranya :

- I Gede Siden Sudaryana Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Kejuruan Universitas Pendidikan Ganesha dalam penelitiannya yang berjudul pemanfaatan relay tunda waktu dan kontaktor pada panel hubung bagi (PHB) untuk praktek penghasutan starting motor star delta yang menghasilkan Sistem hidup berurutan saat push button ON ditekan yaitu rangkaian kontaktor K1 dan K2 yang akan menghubungkan rangkaian motor *star*, sedang rangkaian kontaktor K1 dan K3 yang akan menghubungkan rangkaian motor menjadi delta. Operasi kontaktor K2 dan K3 bekerja secara berurutan/bergantian. Jika push button OFF ditekan maka semua kontaktor akan terputus. Sistem hidup bergantian menggunakan sistem *Interlock* dimana K2 dan K3 tidak boleh hidup bersamaan, dimana K3 akan mengalami penundaan waktu selama 5 detik setelah K2 bekerja, sedangkan kontaktor K1 tetap bekerja dengan sistem *Direct On Line* (DOL). Penundaan waktu bekerjanya kontaktor K3 setelah K2 terputus secara otomatis, dengan menggunakan komponen TDR.
- Andri Tukananto dkk, Program Studi Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura dalam penelitiannya yang berjudul Rancang Bangun Sistem Proteksi Arus Lebih Motor 3 Fasa Dengan *Timer*

*Start* Dan *Trip* yang menghasilkan Respon sistem tunda secara keseluruhan sesuai dengan yang diharapkan, hal ini terbukti dengan setiap data atau waktu yang dapat diterima oleh *timer start*, rangkaian proteksi dan *timer trip* sesuai atau mendekati dengan perhitungan yang dilakukan pada saat perancangan. Arus *start* yang mengalir pada rangkaian sistem *timer start*, proteksi dan *timer trip* pada saat motor *start* adalah sebesar 380A, sedangkan saat terjadi arus lebih atau gangguan lainnya arus maksimal yang dapat diproteksi oleh *timer trip* dan proteksi hingga kondisi *trip* sesuai waktu tunda yang *disetting* adalah sebesar 78 A sedangkan untuk arus maksimal pada rangkaian = arus maksimal sekunder pada CT = 5 A. Sistem proteksi arus lebih menggunakan *timer start* dan *trip* ini masih dalam tahap semi otomatis, kinerjanya rangkaian ini difungsikan 80% saja dari kemampuan maksimalnya agar aman dan peralatan elektronika yang terpasang dapat berumur panjang.

- Dwi Aryono, Mislan Jurusan Teknik Elektro–Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya dengan judul Pemakaian Timer Pada Pengereman Dinamik Motor Induksi Rotor Sangkar tiga Fasa menghasilkan Pengereman dinamik motor induksi merupakan salah satu cara yang dilakukan untuk menghentikan putaran rotor. Pemakaian TDR pada pengereman dinamik motor induksi rotor sangkar dapat digunakan untuk mengatur waktu pengereman motor. Penelitian ini membahas pengaruh pengereman dinamik yang dilengkapi TDR terhadap waktu berhenti rotor pada motor induksi rotor sangkar tiga fasa. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pemakaian TDR pada pengereman dinamik, semakin besar beban, semakin cepat berhenti rotor. Berarti semakin

besar selisih waktu berhenti rotor, antara tanpa pengereman dengan menggunakan pengereman semakin besar, jadi semakin banyak waktu yang dihemat.

- Adhi Kusmantoro, Agus Nuwolo Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Semarang dengan judul Pengendali Star Delta Pada Pompa Deep Well 3 Fasa 37 Kw Dengan Plc Zelio Sr3b261fu menghasilkan Motor pompa submersible merupakan motor induksi rotor sangkar tupai dan pada saat dihubungkan langsung dengan tegangan jala-jala atau menggunakan sistem DOL, akan menyebabkan arus awal sangat besar. Arus awal yang mengalir pada sistem jaringan tenaga listrik sebesar 500% - 800% dari arus beban penuh motor dan menyebabkan penurunan tegangan sistem yang cukup besar, sehingga berpengaruh terhadap peralatan lainnya yang terpasang yang berada pada satu jalur sistem jaringan tenaga listrik. Jika arus yang besar mengalir dalam waktu yang lama dapat membuat motor maupun kabel penghantar menjadi terlalu panas dan merusakkan isolasi. Salah satu cara untuk menurunkan arus start pada motor pompa submersible menggunakan sistem sambungan star delta ( $Y-\Delta$ ). Prinsipnya adalah pada saat start awal motor tidak diberikan tegangan secara penuh, tetapi hanya 0,577 tegangan sumber saja dengan cara dihubungkan star (bintang). Setelah motor berputar dan arus sudah mulai turun, sambungan motor dipindah menjadi delta (delta), sehingga motor mendapatkan tegangan secara penuh. Dalam penelitian ini digunakan PLC zelio untuk mengatur bekerja sambungan star delta pada motor pompa submersible 52 Hp. arus start motor pompa submersible

menggunakan sistem DOL 625,31 A dan arus start menggunakan sistem star delta 520,41 A.

- Alif Maulana, Imamul Muttakin Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, dengan judul Optimalisasi Jaringan Saraf Listrik Untuk Desain dan Pengembangan Aplikasi Pengaturan Penggerak Listrik (Electrical Power Driver) yang menghasilkan Timer juga dapat diterapkan dalam system pengendalian arah putaran motor listrik tiga fasa. Hal ini dilakukan untuk mengantisipasi agar tidak terjadi kerusakan pada lilitan motor sebagai akibat dari operasi mendadak dari putaran dengan arah yang berlawanan. Perpindahan operasi dari arah maju (*forward*) ke putaran mundur (*Reverse*) tidak boleh dilakukan secara langsung atau mendadak tetapi harus ada selang waktu beberapa detik atau beberapa menit. Seperti pada rangkaian kontrol konvensional di bawah ini, motor listrik tiga fasa akan beroperasi *forward* (misalnya) dengan dikendalikan oleh kontaktor K1, setelah beberapa detik atau beberapa menit sesuai dengan waktu yang kita setting melalui TDR, motor akan berhenti sejenak secara otomatis sampai beberapa waktu kemudian motor akan beroperasi kembali dengan arah putaran yang berbeda dengan waktu pengendalian dilakukan TDR kedua.

## **2.1 Teori Dasar**

Seperti yang telah kita ketahui bersama bahwa dalam dunia elektronika dan kelistrikan, kita mengenal yang namanya motor listrik. Ada beberapa jenis motor listrik yang harus dikenal, mulai dari motor listrik 1 fasa sampai dengan 3 fasa. Selain itu ada beberapa jenis motor lainnya mulai dari motor DC, motor servo, motor

stepper, dan masih banyak lagi yang lainnya. Kali ini belajarelektronika.net akan fokus berbagi informasi mengenai motor listrik 3 fasa mulai dari pengertiannya sampai dengan prinsip kerjanya. Bagi anda yang ingin tahu informasi lengkapnya, bisa simak ulasan berikut.

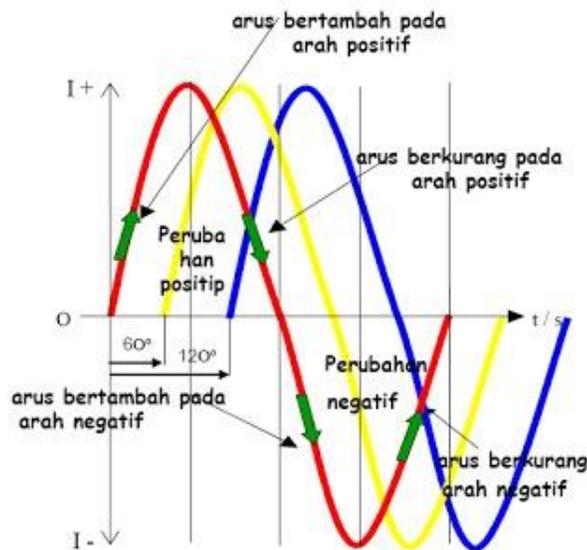
### **2.1.1 Pengertian Motor Listrik 3 Fasa**

Motor listrik 3 fasa adalah motor yang bekerja dengan memanfaatkan perbedaan fasa pada sumber untuk menimbulkan gaya putar pada bagian rotornya. Perbedaan fasa pada motor 3 phase didapat langsung dari sumber. Hal tersebut yang menjadi pembeda antara motor 1 fasa dengan motor 3 fasa. Secara umum, motor 3 fasa memiliki dua bagian pokok, yakni stator dan rotor. Bagian tersebut dipisahkan oleh celah udara yang sempit atau yang biasa disebut dengan air gap. Jarak antara stator dan rotor yang terpisah oleh air gap sekitar 0,4 milimeter sampai 4 milimeter.

Terdapat dua tipe motor 3 fasa jika dilihat dari lilitan pada rotornya, yakni rotor belitan (*wound rotor*) dan rotor sangkar tupai (*squirrel-cage rotor*). Motor 3 fasa rotor belitan (*wound rotor*) adalah tipe motor induksi yang lilitan rotor dan statornya terbuat dari bahan yang sama.

Sedangkan motor 3 fasa rotor sangkar tupai (*squirrel-cage rotor*) adalah tipe motor induksi yang konstruksi rotornya tersusun dari beberapa batangan logam yang dimasukkan melewati slot-slot yang ada pada rotor motor, kemudian pada setiap bagiannya disatukan oleh cincin. Akibat dari penyatuan tersebut, terjadi hubungan singkat antara batangan logam dengan batangan logam yang lainnya. Motor AC 3 phase bekerja dengan memanfaatkan perbedaan fasa sumber untuk menimbulkan

gaya putar pada rotornya. Jika pada motor AC 1 phase untuk menghasilkan beda phase diperlukan penambahan komponen Kapasitor (baca disini), pada motor 3 phase perbedaan phase sudah didapat langsung dari sumber seperti terlihat pada gambar arus 3 phase berikut ini:



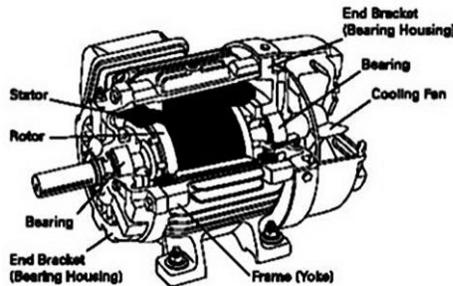
**Gambar 2.1. Grafik arus 3 fasa**

Pada gambar di atas, arus 3 phase memiliki perbedaan phase 60 derajat antar fasenya. Dengan perbedaan ini, maka penambahan kapasitor tidak diperlukan.

### **2.1.2 Konstruksi Motor Listrik 3 Fasa**

Motor induksi tiga fasa memiliki dua komponen dasar yaitu stator dan rotor, bagian rotor dipisahkan dengan bagian stator oleh celah udara yang sempit (air gap) dengan jarak antara 0,4 mm sampai 4 mm. Tipe dari motor induksi tiga fasa

berdasarkan lilitan pada rotor dibagi menjadi dua macam yaitu rotor belitan (*wound rotor*) adalah tipe motor induksi yang memiliki rotor terbuat dari lilitan yang sama dengan lilitan statornya dan rotor sangkar tupai (*Squirrel-cage rotor*) yaitu tipe motor induksi dimana konstruksi rotor tersusun oleh beberapa batangan logam yang dimasukkan melewati slot-slot yang ada pada rotor motor induksi, kemudian setiap bagian disatukan oleh cincin sehingga membuat batangan logam terhubung singkat dengan batangan logam yang lain.



Gambar 2.2. Konstruksi Motor Listrik 3 Fasa

### 2.1.3 Prinsip Kerja Motor Listrik 3 Fasa

Apabila sumber tegangan 3 fase dipasang pada kumparan stator, akan timbul medan putar dengan kecepatan seperti rumus berikut :

$$N_s = 120 f/P \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana:

$N_s$  = Kecepatan Putar

$f$  = Frekuensi Sumber

$P$  = Kutub motor

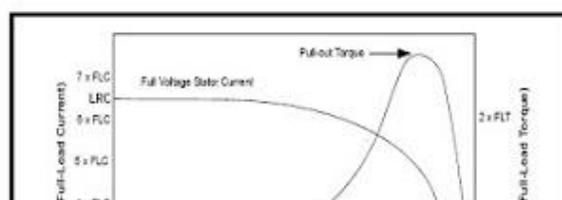
Medan putar stator tersebut akan memotong batang konduktor pada rotor. Akibatnya pada batang konduktor dari rotor akan timbul GGL induksi. Karena batang konduktor merupakan rangkaian yang tertutup maka GGL akan menghasilkan arus (I). Adanya arus (I) di dalam medan magnet akan menimbulkan gaya (F) pada rotor. Bila kopel mula yang dihasilkan oleh gaya (F) pada rotor cukup besar untuk memikul kopel beban, rotor akan berputar searah dengan medan putar stator. GGL induksi timbul karena terpotongnya batang konduktor (rotor) oleh medan putar stator. Artinya agar GGL induksi tersebut timbul, diperlukan adanya perbedaan relatif antara kecepatan medan putar stator ( $n_s$ ) dengan kecepatan berputar rotor ( $n_r$ ). Perbedaan kecepatan antara  $n_r$  dan  $n_s$  disebut slip (s), dinyatakan dengan  $S = (n_s - n_r) / n_s$ .

Bila  $n_r = n_s$ , GGL induksi tidak akan timbul dan arus tidak mengalir pada batang konduktor (rotor), dengan demikian tidak dihasilkan kopel. Dilihat dari cara kerjanya, motor induksi disebut juga sebagai motor tak serempak atau asinkron.

#### 2.1.4 Hubungan antara beban, kecepatan dan torsi (torque)

Gambar di bawah ini menunjukkan grafik hubungan antara torque - kecepatan dengan arus pada motor induksi 3 phase:

1. Motor mulai menyala ternyata terdapat arus start yang tinggi akan tetapi torque-nya rendah.
2. Saat motor mencapai 80% dari kecepatan penuh, torque-nya mencapai titik tertinggi dan arusnya mulai menurun.
3. Pada saat motor sudah mencapai kecepatan penuh, atau kecepatan sinkron, arus torque dan stator turun ke nol.



Gambar 2.3 Grafik hubungan antara torque - kecepatan motor AC

### **2.1.5 Keuntungan dan Kerugian Motor 3 Fasa**

Keuntungan motor 3 fasa :

1. Konstruksi sangat kuat dan sederhana terutama bila motor dengan rotor sangkar.
2. Harganya relatif murah dan keandalannya tinggi.
3. Effisiensi relatif tinggi pada keadaan normal, tidak ada sikat sehingga rugi gesekan kecil.
4. Biaya pemeliharaan rendah karena pemeliharaan motor hampir tidak diperlukan.

Kerugian Penggunaan Motor Induksi:

1. Kecepatan tidak mudah dikontrol
2. Power faktor rendah pada beban ringan
3. Arus start biasanya 5 sampai 7 kali dari arus nominal

### **2.1.6 Pengasutan Motor Listrik 3 Fasa**

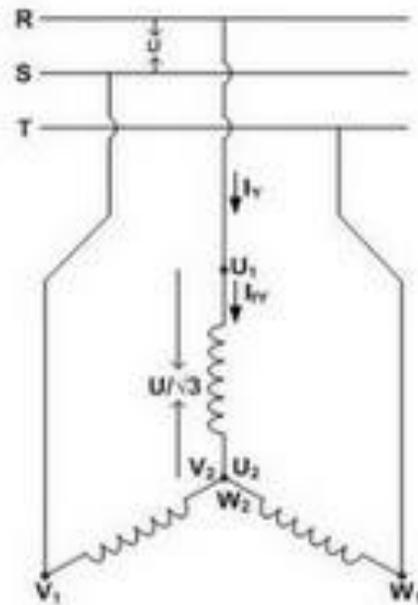
Pengasutan merupakan metoda penyambungan kumparan-kumparan dalam motor 3 phase. Ada 2 model penyambungan kumparan pada motor 3 phase:

1. Sambungan Bintang/Star/Y

2. Sambungan Segitiga/Delta

### 1. Sambungan Star

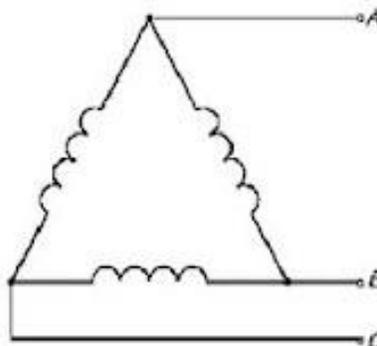
Sambungan bintang dibentuk dengan menghubungkan salah satu ujung dari ketiga kumparan menjadi satu. Ujung kumparan yang digabung tersebut menjadi titik netral, karena sifat arus 3 phase yang jika dijumlahkan ketiganya hasilnya netral atau nol



Gambar 2.4 Hubungan Star

Nilai tegangan phase pada sambungan bintang =  $\frac{1}{\sqrt{3}}$  x tegangan antar phase

### 2. Sambungan Delta



### Gambar 2.5. Sambungan Delta

Sambungan delta atau segitiga didapat dengan menghubungkan kumparan-kumparan motor sehingga membentuk segitiga. Pada sambungan delta tegangan kumparan = tegangan antar phase akan tetapi **arus jaringan sebesar  $\sqrt{3}$  arus line.**

### 2.2 TDR (Time Delay Relay)

Pengendalian beberapa motor induksi 3 fasa yang dapat bekerja secara bergantian berbeda dengan pengendalian beberapa motor induksi 3 fasa yang dapat bekerja secara berurutan. Jika pada pengendalian motor yang bekerja secara berurutan, bekerjanya motor 2 menunggu motor 1 bekerja lebih dahulu, bekerjanya motor 3 menunggu motor 2 bekerja lebih dahulu dan seterusnya. Tapi untuk pengendalian motor yang bekerja secara bergantian adalah sebagai berikut, jika motor 1 bekerja, motor 2 akan berhenti, jika motor 2 bekerja, maka motor 1 akan berhenti.

Pengendalian motor induksi 3 fasa yang dapat bekerja secara bergantian pada pembahsana kali ini dapat dioperasikan secara manual menggunakan kontaktor magnet tanpa Time Delay Relay (TDR), juga dapat dioperasikan secara otomatis menggunakan kontaktor magnet dengan Time Delay Relay (TDR).

Dalam kontrol motor yang dioperasikan secara otomatis rangkaiannya terdiri dari beberapa komponen seperti magnetic contactor, MCB, overload relay, terminal block, push button, TDR, kabel, dll.

TDR (Time Delay Relay) sering disebut juga relay timer atau relay penunda batas waktu banyak digunakan dalam instalasi motor terutama instalasi yang membutuhkan pengaturan waktu secara otomatis. Peralatan kontrol ini dapat dikombinasikan dengan peralatan kontrol lain, contohnya dengan MC (Magnetic Contactor), Thermal Overload Relay dan lain-lain.

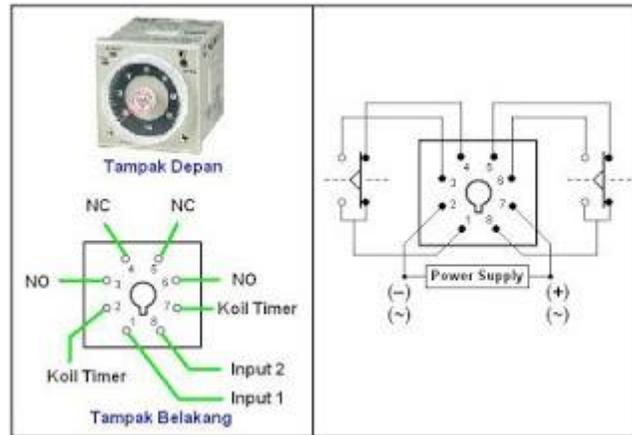
Fungsi dari peralatan kontrol ini adalah sebagai pengatur waktu bagi peralatan yang dikendalikannya. Timer ini dimaksudkan untuk mengatur waktu hidup atau mati dari kontaktor atau untuk merubah sistem bintang ke segitiga dalam delay waktu tertentu.

Timer dapat dibedakan dari cara kerjanya yaitu timer yang bekerja menggunakan induksi motor dan menggunakan rangkaian elektronik. Timer yang bekerja dengan prinsip induksi motor akan bekerja bila motor mendapat tegangan AC sehingga memutar gigi mekanis dan menarik serta menutup kontak secara mekanis dalam jangka waktu tertentu.

Sedangkan relay yang menggunakan prinsip elektronik, terdiri dari rangkaian R dan C yang dihubungkan seri atau paralel. Bila tegangan sinyal telah mengisi penuh kapasitor, maka relay akan terhubung. Lamanya waktu tunda diatur berdasarkan besarnya pengisian kapasitor.

Bagian input timer biasanya dinyatakan sebagai kumparan (Coil) dan bagian outputnya sebagai kontak NO atau NC.

Kumparan pada timer akan bekerja selama mendapat sumber arus. Apabila telah mencapai batas waktu yang diinginkan maka secara otomatis timer akan mengunci dan membuat kontak NO menjadi NC dan NC menjadi NO.



Gambar 2.6 TDR type H3BA dengan 8 kaki yaitu kaki 2 dan 7 adalah kaki coil

Pada umumnya timer memiliki 8 buah kaki yang 2 diantaranya merupakan kaki coil sebagai contoh pada gambar di atas adalah TDR type H3BA dengan 8 kaki yaitu kaki 2 dan 7 adalah kaki coil, sedangkan kaki yang lain akan berpasangan NO dan NC, kaki 1 akan NC dengan kaki 4 dan NO dengan kaki 3. Sedangkan kaki 8 akan NC dengan kaki 5 dan NO dengan kaki 6. Kaki kaki tersebut akan berbeda tergantung dari jenis relay timernya.

TDR (Time Delay Relay) sering disebut juga relay timer atau relay penunda batas waktu banyak digunakan dalam instalasi motor terutama instalasi yang membutuhkan pengaturan waktu secara otomatis. Peralatan kontrol ini dapat dikombinasikan dengan peralatan kontrol lain, contohnya dengan MC (Magnetic Contactor), Thermal Over Load Relay, dan lain-lain.



### Gambar 2.7 Thermal Over Load Relay

Fungsi dari peralatan kontrol ini adalah sebagai pengatur waktu bagi peralatan yang dikendalikannya. Timer ini dimaksudkan untuk mengatur waktu hidup atau mati dari kontaktor atau untuk merubah sistem bintang ke segitiga dalam delay waktu tertentu.

Timer dapat dibedakan dari cara kerjanya yaitu timer yang bekerja menggunakan induksi motor dan menggunakan rangkaian elektronik. Timer yang bekerja dengan prinsip induksi motor akan bekerja bila motor mendapat tegangan AC sehingga memutar gigi mekanis dan menarik serta menutup kontak secara mekanis dalam jangka waktu tertentu. Sedangkan relay yang menggunakan prinsip elektronik, terdiri dari rangkaian R dan C yang dihubungkan seri atau paralel. Bila tegangan sinyal telah mengisi penuh kapasitor, maka relay akan terhubung. Lamanya waktu tunda diatur berdasarkan besarnya pengisian kapasitor. Bagian input timer biasanya dinyatakan sebagai kumparan (Coil) dan bagian outputnya sebagai kontak NO atau NC. Kumparan pada timer akan bekerja selama mendapat sumber arus. Apabila telah mencapai batas waktu yang diinginkan maka secara otomatis timer akan mengunci dan membuat kontak NO menjadi NC dan NC menjadi NO. Pada umumnya timer memiliki 8 buah kaki yang 2 diantaranya merupakan kaki coil sebagai contoh pada gambar di atas adalah TDR type H3BA dengan 8 kaki yaitu kaki 2 dan 7 adalah kaki coil, sedangkan kaki yang lain akan berpasangan NO dan NC, kaki 1 akan NC dengan

kaki 4 dan NO dengan kaki 3. Sedangkan kaki 8 akan NC dengan kaki 5 dan NO dengan kaki 6. Kaki kaki tersebut akan berbeda tergantung dari jenis relay timernya.

## **2.2. Relay dan Kontaktor (Relay and Magnetic Contactor)**

Magnetik kontaktor adalah sakelar listrik yang bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Prinsip kerjanya didalam magnetik kontaktor terdapat lilitan yang akan menjadi magnet bila di aliri listrik, magnet tersebut akan menarik kontak yang berada di dekatnya sehingga kontak yang semula terbuka (NO) akan menjadi tertutup sedangkan kontak yang awalnya tertutup (NC) akan menjadi terbuka. Magnetik kontaktor terdiri dari kontak utama dan kotak bantu. Kontak utama digunakan untuk sumber arus listrik sedangkan kontak bantu digunakan untuk rangkaian pengendali. Seandainya anda terbalik dalam memasang kedua kontak ini magnetik kontaktor tetap akan masih bisa bekerja namun akan ada masalah yang timbul karena kontak bantu hanya didesain untuk dilewati arus yang kecil sedangkan kontak utama didesain untuk dilewati arus besar.

Apabila anda terbalik dalam pemasangan akan menyebabkan panas karena penghantar yang tidak mampu menghantarkan arus listrik yang besar. Penggunaan magnetik kontaktor biasanya digunakan untuk mengendalikan kerja motor 3 fasa, dengan magnetik kontaktor kita dapat memotong 3 sumber listrik R,S dan T sekaligus pada motor 3 fasa. Untuk melengkapi biasanya magnetik kontaktor akan dilengkapi dengan TOR (thermal overload relay) yang berfungsi mengamankan motor apa bila terjadi arus yang berlebihan. Sedangkan untuk mengamankan rangkaian magnetik kontaktor akan dilengkapi dengan MCB supaya lebih aman dari hubung singkat.

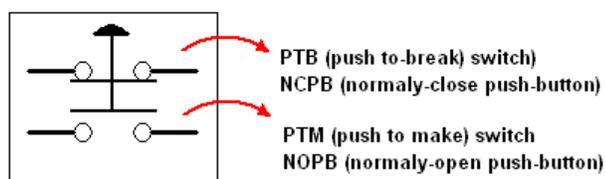
*Magnetic contactor* merupakan alat listrik berupa sakelar listrik yang berfungsi sebagai pengendali motor maupun komponen listrik lainnya. Dengan magnetik kontaktor komponen yang terpasang akan lebih mudah untuk dikendalikan dibanding menggunakan sakelar biasa.

Prinsipnya kerjanya adalah rangkaian pembuat magnet untuk menggerakkan penutup dan pembuka saklar internal didalamnya. Yang membedakannya dari kedua peralatan tersebut adalah kekuatan saklar internalnya dalam menghubungkan besaran arus listrik yang melaluinya.



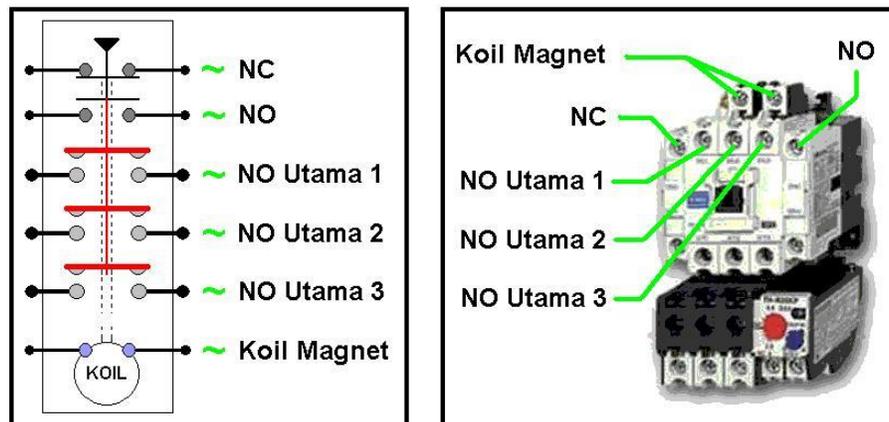
Gambar 2.8 Relay dan Kontaktor (Relay and Magnetic Contactor)

Pemahaman sederhananya adalah bila kita memberikan arus listrik pada coil relay atau kontaktor, maka saklar internalnya juga akan terhubung. Selain itu juga ada saklar internalnya yang terputus. Hal tersebut sama persis pada kerja tombol push button, hanya berbeda pada kekuatan untuk menekan tombolnya. Saklar internal inilah yang disebut sebagai kontak **NO (Normally Open= Bila coil contactor atau relay dalam keadaan tak terhubung arus listrik, kontak internalnya dalam kondisi terbuka atau tak terhubung)** dan kontak **NC (Normally Close= Sebaliknya dengan Normally Open)**. Seperti dijelaskan pada gambar 2.9 dibawah ini.

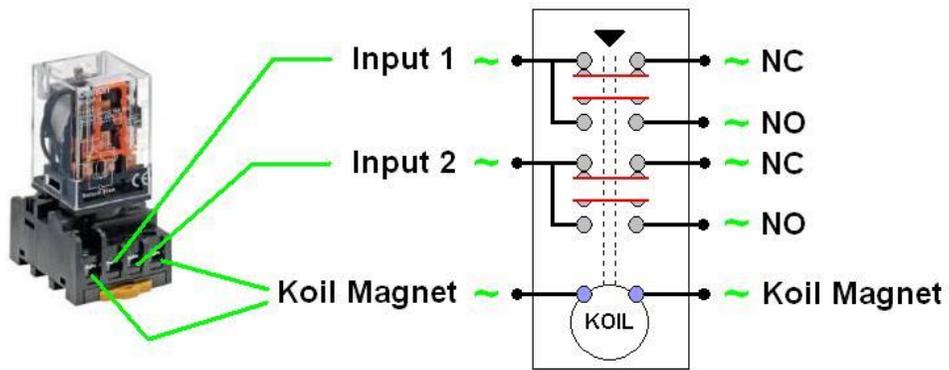


**Gambar 2.9 NC (Normally Close)**

Relay dianalogikan sebagai pemutus dan penghubung seperti halnya fungsi pada tombol (Push Button) dan saklar (Switch), yang hanya bekerja pada arus kecil 1A s/d 5A. Sedangkan Kontaktor dapat di analogikan juga sebagai sebagai Breaker untuk sirkuit pemutus dan penghubung tenaga listrik pada beban. Karena pada Kontaktor, selain terdapat kontak NO dan NC juga terdapat 3 buah kontak NO utama yang dapat menghubungkan arus listrik sesuai ukuran yang telah ditetapkan pada kontaktor tersebut. Misalnya 10A, 15A, 20A, 30A, 50 Amper dan seterusnya. Seperti pada gambar 2.10 dan 2.11 dibawah ini.

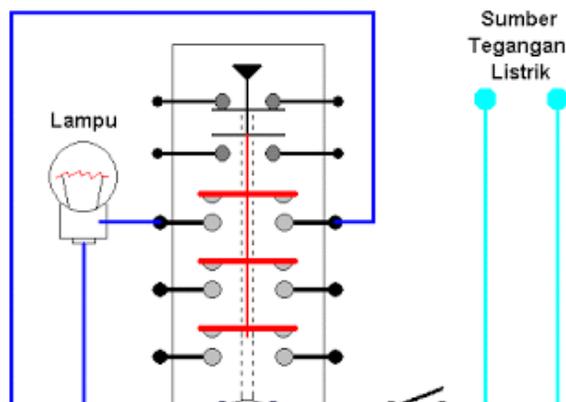


Gambar 2.10 Kontak internal pada Kontaktor



Gambar 2.11. Kontak internal pada relay

Penyambungan sederhana rangkaian kontaktor pada gambar 2.12 dibawah ini, garis yg berwarna hijau adalah rangkaian pengendali atau rangkaian yang mengendalikan sebuah sistem kerja dari kontaktor. Dan pada garis rangkaian yang berwarna biru adalah rangkaian utamanya, karena maksud dibuatnya rangkaian ini adalah untuk menyalakan sebuah lampu dari sebuah sumber listrik. Sama halnya bila kita ingin membuat rangkaian yang ingin menghidupkan sebuah motor 3 phasa, dimana tombol ON OFF adalah rangkaian pengendali kontaktornya, dan kontaktor jugalah yang terhubung dar sumber listrik kemotor. Artinya kita harus paham dan mengenal arti sebuah rangkaian pengendali dan rangkaian utama dalam membuat sebuah rangkaian kerja



Gambar 2.12 Penyambungan sederhana rangkaian kontaktor

### **2.2.2. MCB (*Miniature Circuit Breaker*)**

MCB (*Miniature Circuit Breaker*) adalah saklar atau perangkat elektromekanis yang berfungsi sebagai pelindung rangkaian instalasi listrik dari arus lebih (*over current*). Terjadinya arus lebih ini, mungkin disebabkan oleh beberapa gejala, seperti: hubung singkat (*short circuit*) dan beban lebih (*overload*).

MCB sebenarnya memiliki fungsi yang sama dengan sekering (fuse), yaitu akan memutus aliran arus listrik circuit ketika terjadi gangguan arus lebih. Yang membedakan keduanya adalah saat terjadi gangguan, MCB akan trip dan ketika rangkaian sudah normal, MCB bisa di ON-kan lagi (reset) secara manual, sedangkan fuse akan terputus dan tidak bisa digunakan lagi.

Prinsip kerja MCB sangat sederhana, ketika ada arus lebih maka arus lebih tersebut akan menghasilkan panas pada bimetal, saat terkena panas bimetal akan melengkung sehingga memutuskan kontak MCB (Trip). Selain bimetal, pada MCB biasanya juga terdapat solenoid yang akan mengtripkan MCB ketika terjadi grounding (ground fault) atau hubung singkat (short circuit).

### **2.2.3 Overload Relay**

Fungsi dari Overload relays adalah untuk proteksi motor listrik dari beban lebih. Seperti halnya sekering (fuse) pengamanan beban lebih ada yang bekerja cepat dan ada yang lambat. Sebab waktu motor start arus dapat mencapai 6 kali nominal, sehingga apabila digunakan pengamanan yang bekerja cepat, maka pengamannya akan putus setiap motor dijalankan.

Overload relay yang berdasarkan pemutus bimetal akan bekerja sesuai dengan arus yang mengalir, semakin tinggi kenaikan temperatur yang menyebabkan terjadinya pembengkokan, maka akan terjadi pemutusan arus, sehingga motor akan berhenti. Jenis pemutus bimetal ada jenis satu fasa dan ada jenis tiga fasa, tiap fasa terdiri atas bimetal yang terpisah tetapi saling terhubung, berguna untuk memutuskan semua fasa apabila terjadi kelebihan beban. Pemutus bimetal satu fasa biasa digunakan untuk pengamanan beban lebih pada motor berdaya kecil.

#### **2.2.4 Terminal Block**

Terminal Block adalah Suatu tempat berhentinya arus listrik sementara, yang akan dihubungkan ke komponen yang lain/Komponen Outgoing.

Dalam Pembuatan panel listrik, Terminal Block termasuk salah satu komponen utama. Sebab memiliki manfaat yang besar. Didalam terminal ada incoming dan Outgoing yang fungsinya : *Incoming* Adalah Konektor Arus Masuk dan *Outgoing* adalah Konektor Arus Keluar.

Manfaat Terminal Block:

1. Sebagai penghubung/Jumper jika ada penambahan komponen .

2. Pemakaian Kabel tidak boros.
3. Pengaman jika ada troubleshort.
4. Jika ada Konsleting arus lang sung putus di terminal sebelum sampai ke komponen utama

### **2.2.5 Push Button**

Push Button adalah saklar tekan yang berfungsi sebagai pemutus atau penyambung arus listrik dari sumber arus ke beban listrik. Suatu sistem saklar tekan push button terdiri dari saklar tekan start, stop reset dan saklar tekan untuk emergency. Push button memiliki kontak NC (normally close) dan NO (normally open). Prinsip kerja Push Button adalah apabila dalam keadaan normal tidak ditekan maka kontak tidak berubah, apabila ditekan maka kontak NC akan berfungsi sebagai stop (memberhentikan) dan kontak NO akan berfungsi sebagai start (menjalankan) biasanya digunakan pada sistem pengontrolan motor – motor induksi untuk menjalankan mematikan motor pada industri – industri. Push button dibedakan menjadi beberapa tipe, yaitu:

#### **a. Tipe Normally Open (NO)**

Tombol ini disebut juga dengan tombol start karena kontak akan menutup bila ditekan dan kembali terbuka bila dilepaskan. Bila tombol ditekan maka kontak bergerak akan menyentuh kontak tetap sehingga arus listrik akan mengalir.

#### **b. Tipe Normally Close (NC)**

Tombol ini disebut juga dengan tombol stop karena kontak akan membuka bila ditekan dan kembali tertutup bila dilepaskan. Kontak bergerak akan lepas dari kontak tetap sehingga arus listrik akan terputus.

c. Tipe NC dan NO

Tipe ini kontak memiliki 4 buah terminal baut, sehingga bila tombol tidak ditekan maka sepasang kontak akan NC dan kontak lain akan NO, bila tombol ditekan maka kontak tertutup akan membuka dan kontak yang membuka akan tertutup.

## **BAB 3**

### **METEODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini akan dijelaskan tentang perhitungan arus, daya dan kecepatan pada rangkaian motor listrik 3 Phase dengan menggunakan Time Delay Relay (TDR) dan Tanpa menggunakan Time Delay Relay (TDR).

#### **3.1 Tempat dan lokasi penelitian**

Kegiatan penelitian ini bertempat di laboratorium Fakultas Teknik, Prodi Teknik Elektro UMSU.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

Ada pun peralatan dan bahan yang digunakan sebagai berikut:

Komponen Rangkaian:

1. Kontaktor Listrik
2. *Miniature Circuit Breaker (MCB)*
3. Sakelar Tombol (*Push Button*)
4. *Time Delay Relay (TDR)*

5. *Thermal Over Load Relay* (TOLR)

6. Motor Induksi 3 Phasa

Alat Penelitian:

1. Avometer

2. *Tang Ampere*

3. *Tachometer*

4. *Tool Kit*

Bahan Penelitian

1. Rangkaian Daya Bintang Segitiga

2. Rangkaian Bintang Segitiga Sistem

3. Manual Dengan TDR

4. Rangkaian Bintang Segitiga Sistem

5. Manual Tanpa TDR

### **3.3 Prosedur Percobaan**

Persiapan alat, bahan dan gambar rangkaian :

1. Merangkai rangkaian motor 3 phase Bintang (Y) dan Bintang ( $\Delta$ )

2. Rangkaian TDR, rangkaian sistem manual tanpa TDR

3. Pengukuran tegangan, arus, daya dan kecepatan

4. Penghitungan daya, rata-rata, selisih dan

5. Rangkaian pemicu *overshoot*

### **3.4 Jalannya Penelitian**

Metode yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah :

1. Pengumpul data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer.
2. Pengumpulan data diperoleh dengan pengukuran, wawancara, observasi dan penelusuran data.
3. Merangkai rangkaian daya, rangkaian sistem manual dengan TDR, rangkaian sistem manual tanpa TDR
4. Pengukuran tegangan, arus, daya dan kecepatan
5. Penghitungan daya, rata-rata, selisih dan rangkaian pemacu *overshoot*
6. Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan editing, coding, dan tabulating.

Dari hasil data pengukuran yang dilakukan, didapatkan data berupa tabel yang disajikan dari jenis rangkaian pengendali bintang segitiga dengan sistem manual tanpa TDR dan sistem manual dengan TDR terlihat pada Tabel 3.1 dibawah ini:

**Tabel 3.1 Halis Pengukuran Tegangan dan Arus**

Jenis Rangkaian	Proses Yang di Ukur	Tegangan (V)	Arus (I)	Kecepatan (rpm)
Sistem Manual Dengan TDR	Hubung (Y)	380 Volt	10 A	2787 Rpm
	Hubung ( $\Delta$ )	380 Volt	14 A	2991 Rpm
Sistem Manual Dengan TDR	Hubung (Y)	380 Volt	8,4 A	2776 Rpm
	Hubung ( $\Delta$ )	380 Volt	12A	2973 Rpm

Karena pada pengujian kali ini daya tidak terpakai untuk energi sebenarnya maka pada metode penghitungan daya kali ini penulis menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi \dots\dots\dots 3.1$$

Sedangkan pada daya semu motor (VA) tersebut

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \dots\dots\dots 3.2$$

Maka arus yang di peroleh :

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} \dots\dots\dots 3.3$$

Keterangan:

P = daya motor listrik (Watt)

V = tegangan kerja motor (Volt)

I = arus yang mengalir pada motor (*Ampere*)

$$\sqrt{3} = 1,73$$

$$\cos \varphi = 85\% = 0,85$$

Maka penghitungan selisih sistem manual dengan TDR dan sistem manual tanpa TDR

1. Penghitungan selisih arus

- Selisih arus pada proses bintang (Y):
- Selisih arus pada proses segitiga ( $\Delta$ ):

2. Penghitungan selisih daya

- Selisih daya pada proses bintang (Y):
- Selisih daya pada proses segitiga ( $\Delta$ ):

3. Penghitungan selisih kecepatan

- Selisih kecepatan pada proses bintang (Y):

- Selisih kecepatan pada proses segitiga( $\Delta$ ):

Penghitungan Rangkaian Pemicu Terjadinya *Overshoot* pada semua rangkaian, sehingga ketiga rangkaian tersebut memiliki arus yang cukup stabil dari proses bintang (Y) ke proses segitiga ( $\Delta$ ). Namun penulis tetap mencari perbedaan arus untuk mengetahui rangkaian mana yang mempunyai lonjakan kuat arus yang dapat memicu terjadinya *overshoot*.

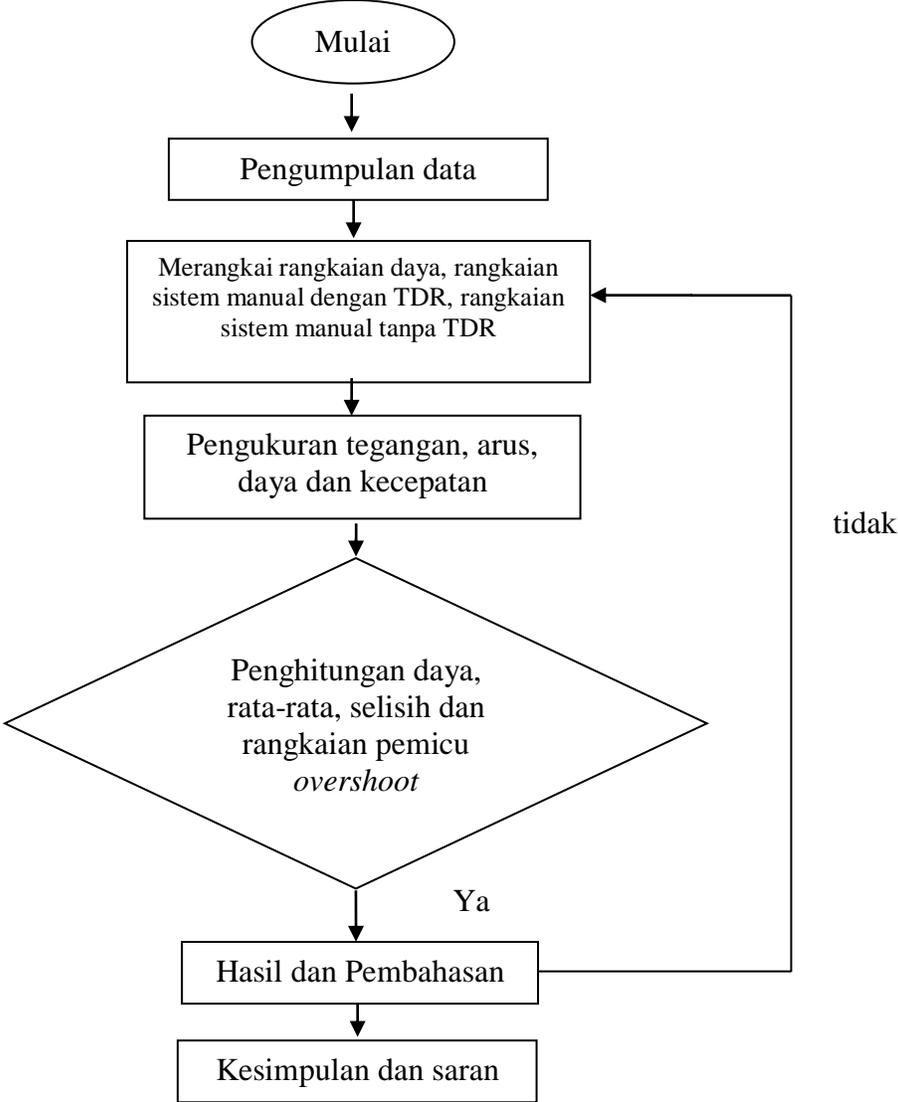
Penghitungan Lonjakan Arus Sistem Manual Dengan TDR

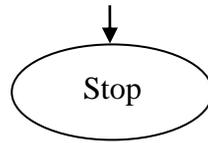
Lonjakan Arus = arus segitiga ( $\Delta$ ) – arus bintang (Y)

Penghitungan Lonjakan Arus Sistem Manual Tanpa TDR

Lonjakan Arus = arus segitiga ( $\Delta$ ) – arus bintang (Y)

3.5 Diagram Alir Pengujian





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisa Data

##### 4.1.1 Penghitungan Daya

Karena pada pengujian kali ini daya tidak terpakai untuk energi sebenarnya maka pada metode penghitungan daya kali ini penulis menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi$$

#### A. Perhitungan Sistem Manual Dengan TDR

1. Proses yang dihitung Bintang (Y) maka :

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$P = 1,73 \cdot 380 \cdot 10 \cdot 0,8$$

$$P = 5259,2 \text{ Watt}$$

2. Proses yang dihitung Bintang ( $\Delta$ ) maka :

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$P = 1,73 \cdot 380 \cdot 14 \cdot 0,8$$

$$P = 7362,88 \text{ Watt}$$

### **B. Perhitungan Sistem Manual Tanpa TDR**

1. Proses yang dihitung Bintang (Y) maka :

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$P = 1,73 \cdot 380 \cdot 8,4 \cdot 0,8$$

$$P = 4417,73 \text{ Watt}$$

2. Proses yang dihitung Bintang ( $\Delta$ ) maka :

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$P = 1,73 \cdot 380 \cdot 12 \cdot 0,8$$

$$P = 6311,04 \text{ Watt}$$

### **4.1.2 Maka daya semu yang di hasilkan oleh :**

#### **A. Perhitungan Sistem Manual Dengan TDR**

1. Proses yang dihitung Bintang (Y) maka :

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I$$

$$S = 1,73 \cdot 380 \cdot 10$$

$$S = 657,4 \text{ VA}$$

2. Proses yang dihitung Bintang ( $\Delta$ ) maka :

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I$$

$$S = 1,73 \cdot 380 \cdot 14$$

$$S = 9203,6 \text{ VA}$$

### **B. Perhitungan Sistem Manual Tanpa TDR**

1. Proses yang dihitung Bintang (Y) maka :

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I$$

$$S = 1,73 \cdot 380 \cdot 8,4$$

$$S = 5522,16 \text{ VA}$$

2. Proses yang dihitung Bintang ( $\Delta$ ) maka :

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I$$

$$S = 1,73 \cdot 380 \cdot 12$$

$$S = 7888,8 \text{ VA}$$

## **2. Penghitungan Arus**

### **A. Perhitungan Arus Sistem Manual Dengan TDR**

1. Proses yang dihitung Bintang (Y) maka :

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$$

$$I = \frac{5259,2}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,8}$$

$$I = 10 \text{ Amper}$$

2. Proses yang dihitung Bintang ( $\Delta$ ) maka :

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$$

$$I = \frac{7362,88}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,8}$$

$$I = 14 \text{ Amper}$$

#### 4.1.3 Perhitungan Arus Sistem Manual Tanpa TDR

1. Proses yang dihitung Bintang (Y) maka :

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$$

$$I = \frac{4417,73}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,8}$$

$$I = 8,4 \text{ Amper}$$

2. Proses yang dihitung Bintang ( $\Delta$ ) maka :

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$$

$$I = 12 \text{ Amper}$$

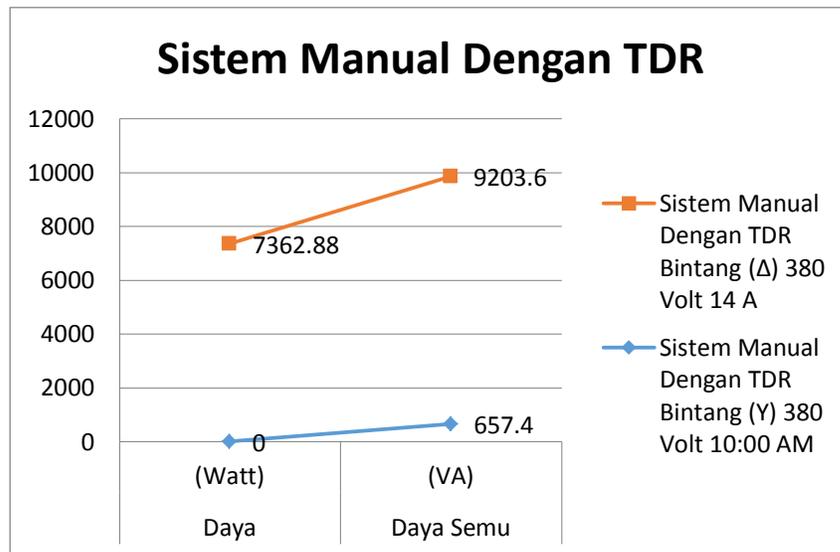
$$I = \frac{6311,04}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,8}$$

Dari hasil data perhitungan yang dilakukan, didapatkan data berupa tabel yang disajikan dari jenis rangkaian pengendali bintang segitiga dengan sistem manual tanpa TDR dan sistem manual dengan TDR terlihat pada Tabel 4.1:

**Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Tegangan, Arus, Daya dan Daya Semu**

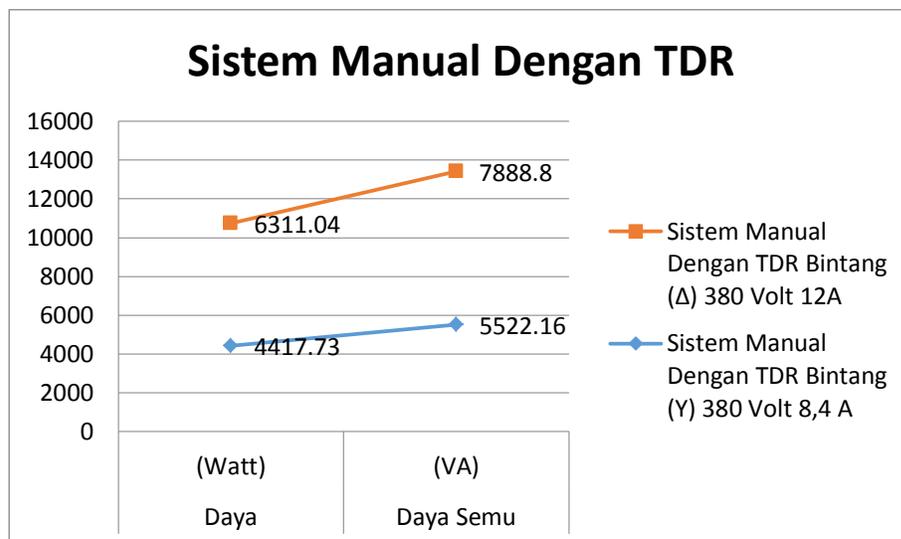
<b>Jenis Rangkaian</b>	<b>Proses Yang di Ukur</b>	<b>Tegangan (V)</b>	<b>Arus (I)</b>	<b>Daya (Watt)</b>	<b>Daya Semu (VA)</b>
Sistem Manual Dengan TDR	Hubung (Y)	380 Volt	10 A	5259, 2	657,4
	Hubung ( $\Delta$ )	380 Volt	14 A	7362,88	9203,6
Sistem Manual Tanpa TDR	Hubung (Y)	380 Volt	8,4 A	4417,73	5522,16
	Hubung ( $\Delta$ )	380 Volt	12A	6311,04	7888,8

Berikut ini adalah grafik dari hasil perhitungan tegangan, arus, daya dan daya semu pada Sistem Manual Dengan TDR:



Gambar 4.1 Grafik Tegangan, Arus, Daya Dan Daya Semu

Berikut ini adalah grafik dari hasil perhitungan tegangan, arus, daya dan daya semu pada Sistem Manual Tanpa TDR:



Gambar 4.2 Grafik Tegangan, Arus, Daya Dan Daya Semu

## **4.2 Penghitungan selisih sistem manual dengan TDR dan sistem manual tanpa TDR**

### **4.2.1 Penghitungan selisih arus**

- Selisih arus manual dengan TDR pada proses bintang (Y) - Selisih arus manual tanpa TDR pada proses bintang (Y)
- Maka Penghitungan selisih arus =  $10 \text{ A} - 8,4 \text{ A}$   
= 1,6 Amper
- Selisih arus manual dengan TDR pada proses segitiga ( $\Delta$ )- Selisih arus manual tanpaTDR pada proses segitiga ( $\Delta$ )
- Maka Penghitungan selisih arus =  $14 \text{ A} - 12 \text{ A}$   
= 2 Amper

### **4.2.2 Penghitungan selisih daya**

- Selisih daya manual dengan TDR pada proses bintang (Y) - Selisih daya manual tanpaTDR pada proses bintang (Y)
- Maka Penghitungan selisih daya =  $5259,2 - 4417,73$   
= 841,47 Watt
- Selisih daya manual dengan TDR pada proses segitiga ( $\Delta$ ) - Selisih daya manual tanpaTDR pada proses segitiga ( $\Delta$ )
- Maka Penghitungan selisih daya =  $7362,88 - 6311,04$   
= 1051,84 Watt

### **4.2.3 Penghitungan selisih Kecepatan**

- Selisih daya manual dengan TDR pada proses bintang (Y) - Selisih daya manual tanpa TDR pada proses bintang (Y)
- Maka Penghitungan selisih daya =  $2787 \text{ Rpm} - 2776 \text{ Rpm}$   
= 11 Rpm
- Selisih daya manual dengan TDR pada proses segitiga ( $\Delta$ ) - Selisih daya manual tanpa TDR pada proses segitiga ( $\Delta$ )
- Maka Penghitungan selisih daya =  $2991 \text{ Rpm} - 2973 \text{ Rpm}$   
= 18 Rpm

### **4.3 Penghitungan Rangkaian Pemicu Terjadinya *Overshoot***

Pada semua rangkaian tersebut memiliki arus yang cukup stabil dari proses bintang (Y) ke proses segitiga ( $\Delta$ ). Namun penulis tetap mencari perbedaan arus untuk mengetahui rangkaian mana yang mempunyai lonjakan kuat arus yang dapat memicu terjadinya *overshoot*.

#### 1. Penghitungan Lonjakan Arus Sistem Manual Dengan TDR

Lonjakan Arus = arus segitiga ( $\Delta$ ) – arus bintang (Y)

$$= 14 \text{ A} - 10 \text{ A}$$

$$= 2 \text{ A}$$

#### 2. Penghitungan Lonjakan Arus Sistem Manual Tanpa TDR

Lonjakan Arus = arus segitiga ( $\Delta$ ) – arus bintang (Y)

$$= 12 \text{ A} - 8,4 \text{ A}$$

$$= 3,6 \text{ A}$$

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil pengukuran dan pengujian yang di lakukan dapat ditarik kesimpulan:

1. Didapat beberapa selisih pada arus, daya dan kecepatan motor 3 phasa antara sistem manual dengan TDR dan Sistem manual tanpa TDR
2. Pada rangkaian pengendali dengan sistem manual dengan TDR Bintang (Y) arusnya sebesar 10A dan pada Bintang ( $\Delta$ ) sebesar 14 A, jika dibandingkan

dengan rangkaian pengendali dengan sistem manual tanpa TDR Bintang (Y) arusnya sebesar 8,4 A dan pada Bintang ( $\Delta$ ) sebesar 12 A.

3. Tidak terjadi *overshoot* pada semua rangkaian saat penelitian, karena semua lonjakan arus rata-rata stabil, walaupun rangkaian manual lebih mudah memicu terjadinya *overshoot*.
4. Selisih Sistem manual dengan TDR dan sistem manual tanpa TDR
  - Selisih arus bintang (Y) = 1,6 A
  - Selisih arus segitiga ( $\Delta$ ) = 2 A
  - Selisih daya bintang (Y) = 841,47 Watt
  - Selisih daya segitiga ( $\Delta$ ) = 1051,84 Watt
  - Selisih kecepatan bintang (Y) = 11 Rpm
  - Selisih kecepatan segitiga ( $\Delta$ ) = 18 Rpm

## 5.2 Saran

Disusunnya Tugas Akhir ini tentu tidak lepas dari kekurangan dan ketidak sempurnaan, maka untuk kedepannya jika ada yang ingin melanjutkan tugas akhir ini ada beberapa saran yang dapat dilakukan untuk seterusnya, antara lain:

1. Dalam melakukan pengujian harus dilakukan dengan teliti dan penggambaran sementara agar mendapatkan hasil desain yang maksimal.
2. Pada penelitian selanjutnya, tugas akhir ini dapat menjadi bahan referensi untuk peneliti yang lebih baik lagi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andri Tukananto dkk, 2015 Program Studi Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura dalam penelitiannya, *Rancang Bangun Sistem Proteksi Arus Lebih Motor 3 Fasa Dengan Timer Start Dan Trip*.
- Adhi Kusmantoro, Agus Nuwolo Media ElektriKA, Vol. 8, No. 2, Desember 2015 Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Semarang, *Pengendali Star Delta Pada Pompa Deep Well 3 Fasa 37 Kw Dengan Plc Zelio Sr3b261fu*
- Alif Maulana, Imamul Muttakin Jurnal PROtek Vol. 03 No. 1, Mei 2016 Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, *Optimalisasi Jaringan Saraf Listrik Untuk Desain dan Pengembangan Aplikasi Pengaturan Penggerak Listrik (Electrical Power Driver)*

- Bolton, W., 2004, *Programmable Logic Controller (PLC)*, Jakarta, Erlangga.
- Dwi Aryono, Mislan 2016, Jurusan Teknik Elektro–Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya, *Pemakaian Timer Pada Pengereman Dinamik Motor Induksi Rotor Sangkar tiga Phasa*
- Fraenkel, J. R. Wellen, N. E., 2008, *How to Design and Evaluate research in Education*, New York.
- I Gede Siden Sudaryana JPTK, UNDIKSHA, Vol. 12, No. 2, Juli 2015 : 131-142  
Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Kejuruan Universitas Pendidikan Ganesha dalam penelitiannya, *pemanfaatan relay tunda waktu dan kontaktor pada panel hubung bagi (PHB) untuk praktek penghasutan starting motor star delta.*
- Nazir, 1988, *Pengertian Dan Jenis Metode Deskriptif*, Idtesis, Surabaya.
- Sugiono, 2008, *Statika Untuk Penelitian*, Tangga Pustaka, Jakarta.
- Sugiyono, 2007, *Metode Penelitian*, Alfabeta, Bandung.
- Sutrisno, H., 2011, *Motor Listrik Arus Bolak Balik*, Klaten: Saka Mitra Kompetensi, Klaten.



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
Jl. Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan Telp. 061-6624567

**LEMBARAN ASISTENSI**

Nama : Muhammad Efri Afriandi  
NPM : 1407220026  
Pembimbing II : Muhammad Adam,ST.,MT

NO	HARI/ TANGGAL	URAIAN	PARAF
1.	14-7-2018	Perbaiki sistem penulisan	/
2.	22-7-2018	Penjelasan pemakaian bhs Inggris	/
3	26-7-2018	Cari Contoh Penulisan sesuai standar	/
4	2-8-2018	Referensi penulisan perkelas	/
5	4-8-2018	Bab III Metersuq, Penulisan Lihat Meterol	/
6.	7-8-2018	Hasil pengujian lab mana dan harus jelas	/
7	9-8-2018	Perbaiki hasil pengujian dlm bentuk tabel	/
8.	10-8-2018	Lanjut ke Bab IV dan perbaiki isi penelitian	/
9	12-9-2018	Konfirmasi dan pelajari lebih dlm jlm lanjut Seminar hasil	/

Pembimbing II

Muhammad Adam,ST.,MT



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
Jl. Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan Telp. 061-6624567

**LEMBARAN ASISTENSI**

Nama : Muhammad Efri Afriandi  
NPM : 1407220026  
Pembimbing I : Partaonan Harahap,ST.,MT

NO	HARI/ TANGGAL	URAIAN	PARAF
1.	13/7/2018	perbaiki Bab I Tjira.	ff
2.	20/7/2018	Layut BAB II. Tiga pasta	ff.
3.	25/7/2018	semua dgn Bereliti	ff.
4.	30/7/2018	perbaiki isi dari BAB II	ff.
5.	5/8/2018	perbaiki gambar, gambar di crop.	ff.
6.	29/8/2018	layut BAB III metodologi penelitian.	ff.
7.	30/8/2018	ujicoba. alat pengujian	ff.
8.	5/9/2018	perbaiki penomoran di Bab III layut Bab IV	ff.
		Ace seminar layut BAB 5 konsul ke Pakary II	ff.

Pembimbing I

  
Partaonan harahap,ST.,MT

# **ANALISIS PERHITUNGAN ARUS, DAYA, DAN KECEPATAN PADA RANGKAIAN MOTOR LISTRIK 3 PHASE DENGAN MENGUNAKAN TIME DELAY RELAY (TDR) DAN TANPA MENGGUNAKAN TIME DELAY RELAY (TDR)**

Muhammad Efri Apriandi<sup>1)</sup>, Partaonan Harahap<sup>2)</sup>, M. Adam<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Program Sarjana Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

<sup>2,3)</sup> Pengajar dan Pembimbing Program Sarjana Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

*Dari latar belakang penelitian ini bahwa pada beberapa industri masih banyak yang menggunakan rangkaian pengendali secara manual maupun yang menggunakan rangkaian kontrol pengendali star delta pada motor 3 phasa. Maka peneliti akan mencoba melakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan sistem star delta dengan rangkaian manual pada motor listrik AC induksi 3 phasa. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui lebih stabil mana lonjakan awal putaran motor listrik dalam proses starting, perbedaan arus, daya dan kecepatan motor listrik, hal-hal yang membedakan penggunaan rangkaian, mengetahui terjadinya overshoot antara rangkaian manual pada motor listrik 3 phasa dengan sistem star delta. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif. Dari hasil pengukuran dan pengujian yang di lakukan dapat ditarik kesimpulan yaitu : beberapa selisih pada arus, daya dan kecepatan motor 3 phasa antara sistem manual dengan TDR dan Sistem manual tanpa TDR, Pada rangkaian pengendali dengan sistem manual dengan TDR Bintang (Y) arusnya sebesar 10A dan pada Bintang ( $\Delta$ ) sebesar 14 A, jika dibandingkan dengan rangkaian pengendali dengan sistem manual tanpa TDR Bintang (Y) arusnya sebesar 8,4 A dan pada Bintang ( $\Delta$ ) sebesar 12 A.*

**Kata Kunci** : Sistem star delta, rangkaian manual, motor listrik 3 phasa.

## **PENDAHULUAN**

### **1.2 Latar Belakang Masalah**

Perkembangan teknologi yang sangat pesat di era globalisasi saat ini telah memberikan banyak manfaat dalam kemajuan diberbagai aspek sosial. Penggunaan teknologi oleh manusia dalam membantu menyelesaikan pekerjaan merupakan hal yang menjadi keharusan dalam kehidupan. Salah satunya peran mesin listrik yang sangat besar dalam mendukung kegiatan sehari-hari manusia, baik di dunia industri maupun rumah tangga. Salah satu mesin listrik yang digunakan adalah motor induksi. Kebanyakan motor induksi yang dipakai pada industri adalah motor induksi 3 phase. Hal ini karena motor induksi memiliki beberapa keunggulan dibanding jenis motor lain, diantaranya memiliki efisiensi yang relatif tinggi, konstruksi yang sederhana dan kuat, serta mudah dan murah dalam perawatannya. Perkembangan teknologi ini juga harus diikuti dengan perkembangan pada Sumber Daya Manusia (SDM).

Manusia sebagai pengguna teknologi harus mampu memanfaatkan teknologi yang ada saat ini, maupun perkembangan teknologi tersebut selanjutnya.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

Perangkat Hubung Bagi merupakan suatu perlengkapan untuk mengendalikan, membagi tenaga listrik atau melindungi sirkuit pemanfaat tenaga listrik. Adapun bentuknya dapat berupa box panel, atau lemari. Panel Hubung Bagi (PHB) adalah peralatan yang berfungsi menerima energi listrik dari PLN dan selanjutnya mendistribusikan, sekaligus mengontrol penyaluran energi listrik tersebut melalui sirkuit panel utama dan cabang ke PHB cabang atau langsung melalui sirkuit akhir beban yang berupa beberapa titik lampu dan kotak-kontak keperalatan listrik yang berada dalam bangunan.

Kontaktor merupakan komponen dari PHB yaitu sejenis saklar yang bekerja secara magnetik dimana kontak akan bekerja apabila kumparan diberi

tegangan. Kontaktor magnetis sebagai alat yang digerakkan secara magnetis untuk menyambung dan membuka rangkaian daya listrik tanpa merusak beban-beban seperti lampu, pemanas, transformator, kapasitor, dan motor listrik. Relay yang fungsi dasarnya secara umum adalah sebagai saklar. [1]. Begitu pula dengan TDR sebagai saklar dimana kontak akan bekerja dipengaruhi oleh waktu yang ditentukan apabila kumparan diberi tegangan. Untuk dapat memanfaatkan TDR dan kontaktor secara tepat dibutuhkan pemahaman yang luas tentang bagian-bagian penyusunannya.

- kedua.

## **2.1 Teori Dasar**

Seperti yang telah kita ketahui bersama bahwa dalam dunia elektronika dan kelistrikan, kita mengenal yang namanya motor listrik. Ada beberapa jenis motor listrik yang harus dikenal, mulai dari motor listrik 1 fasa sampai dengan 3 fasa. Selain itu ada beberapa jenis motor lainnya mulai dari motor DC, motor servo, motor stepper, dan masih banyak lagi yang lainnya. Kali ini

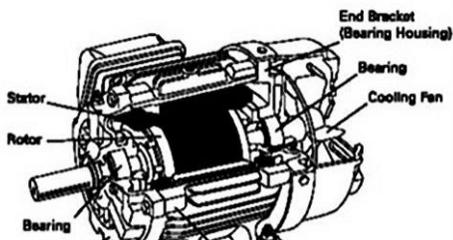
belajarelektronika.net akan fokus berbagi informasi mengenai motor listrik 3 fasa mulai dari pengertiannya sampai dengan prinsip kerjanya. Bagi anda yang ingin tahu informasi lengkapnya, bisa simak ulasan berikut.

### **2.1.1 Pengertian Motor Listrik 3 Fasa**

Motor listrik 3 fasa adalah motor yang bekerja dengan memanfaatkan perbedaan fasa pada sumber untuk menimbulkan gaya putar pada bagian rotornya. Perbedaan fasa pada motor 3 phase didapat langsung dari sumber. Hal tersebut yang menjadi pembeda antara motor 1 fasa dengan motor 3 fasa. Secara umum, motor 3 fasa memiliki dua bagian pokok, yakni stator dan rotor. Bagian tersebut dipisahkan oleh celah udara yang sempit atau yang biasa disebut dengan air gap. Jarak antara stator dan rotor yang terpisah oleh air gap sekitar 0,4 milimeter sampai 4 milimeter

### **2.1.2 Konstruksi Motor Listrik 3 Fasa**

Motor induksi tiga fasa memiliki dua komponen dasar yaitu stator dan rotor, bagian rotor dipisahkan dengan bagian stator oleh celah udara yang sempit (air gap) dengan jarak antara 0,4 mm sampai 4 mm. Tipe dari motor induksi tiga fasa berdasarkan lilitan pada rotor dibagi menjadi dua macam yaitu rotor belitan (*wound rotor*) adalah tipe motor induksi yang memiliki rotor terbuat dari lilitan yang sama dengan lilitan statornya dan rotor sangkar tupai (Squirrel-cage rotor) yaitu tipe motor induksi dimana konstruksi rotor tersusun oleh beberapa batangan logam yang dimasukkan melewati slot-slot yang ada pada rotor motor induksi, kemudian setiap bagian disatukan oleh cincin sehingga membuat batangan logam terhubung singkat dengan batangan logam yang lain.



### 2.1.3 Prinsip Kerja Motor Listrik 3

#### Fasa

Apabila sumber tegangan 3 fase dipasang pada kumparan stator, akan timbul medan putar dengan kecepatan seperti rumus berikut :

$$N_s = \frac{120}{f/P} \dots \dots \dots (2.1)$$

dimana:

$N_s$  = Kecepatan Putar

$f$  = Frekuensi Sumber

$P$  = Kutub motor

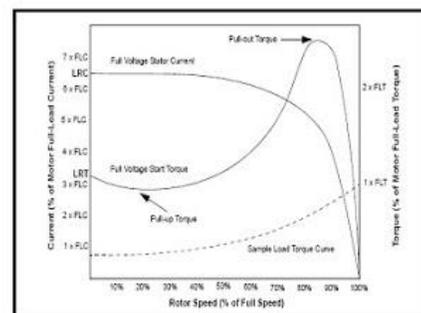
Medan putar stator tersebut akan memotong batang konduktor pada rotor. Akibatnya pada batang konduktor dari rotor akan timbul GGL induksi. Karena batang konduktor merupakan rangkaian yang tertutup maka GGL akan menghasilkan arus

(I). Adanya arus (I) di dalam medan magnet akan menimbulkan gaya (F) pada rotor. Bila kopel mula yang dihasilkan oleh gaya (F) pada rotor cukup besar untuk memikul kopel beban, rotor akan berputar searah dengan medan putar stator. GGL induksi timbul karena terpotongnya batang konduktor (rotor) oleh medan putar stator. Artinya agar GGL induksi tersebut timbul, diperlukan adanya perbedaan relatif antara kecepatan medan putar stator ( $n_s$ ) dengan kecepatan berputar rotor ( $n_r$ ). Perbedaan kecepatan antara  $n_r$  dan  $n_s$  disebut slip (s), dinyatakan dengan  $S = (n_s - n_r) / n_s$ .

#### 2.1.4 Hubungan antara beban, kecepatan dan torsi (torque)

Gambar di bawah ini menunjukkan grafik hubungan antara torque - kecepatan dengan arus pada motor induksi 3 phase:

4. Motor mulai menyala ternyata terdapat arus start yang tinggi akan tetapi torque-nya rendah.
5. Saat motor mencapai 80% dari kecepatan penuh, torque-nya mencapai titik tertinggi dan arusnya mulai menurun.
6. Pada saat motor sudah mencapai kecepatan penuh, atau kecepatan sinkron, arus torque dan stator turun ke nol.



Gambar 2.3 Grafik hubungan antara torque - kecepatan motor AC

### **2.1.5 Keuntungan dan Kerugian**

#### **Motor 3 Fasa**

Keuntungan motor 3 fasa :

5. Konstruksi sangat kuat dan sederhana terutama bila motor dengan rotor sangkar.
6. Harganya relatif murah dan keandalannya tinggi.
7. Effisiensi relatif tinggi pada keadaan normal, tidak ada sikat sehingga rugi gesekan kecil.
8. Biaya pemeliharaan rendah karena pemeliharaan motor hampir tidak diperlukan.

Kerugian Penggunaan Motor Induksi:

4. Kecepatan tidak mudah dikontrol
5. Power faktor rendah pada beban ringan
6. Arus start biasanya 5 sampai 7 kali dari arus nominal

### **2.1.6 Pengasutan Motor Listrik 3**

#### **Fasa**

Pengasutan merupakan metoda penyambungan kumparan-kumparan dalam motor 3 phase. Ada 2 model penyambungan kumparan pada motor 3 phase:

1. Sambungan Bintang/Star/Y
2. Sambungan Segitiga/Delta

### **2.2 TDR (Time Delay Relay)**

Pengendalian beberapa motor induksi 3 fasa yang dapat bekerja secara bergantian berbeda dengan pengendalian beberapa motor induksi 3 fasa yang dapat bekerja secara berurutan. Jika pada pengendalian motor yang bekerja secara berurutan, bekerjanya motor 2 menunggu motor 1 bekerja lebih dahulu, bekerjanya motor 3 menunggu motor 2 bekerja lebih dahulu dan seterusnya. Tapi untuk pengendalian motor yang bekerja secara bergantian adalah sebagai berikut, jika motor 1 bekerja, motor 2

akan berhenti, jika motor 2 bekerja, maka motor 1 akan berhenti.

### **2.3 Relay dan Kontaktor (Relay and Magnetic Contactor)**

Magnetik kontaktor adalah sakelar listrik yang bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Prinsip kerjanya didalam magnetik kontaktor terdapat lilitan yang akan menjadi magnet bila di aliri listrik, magnet tersebut akan menarik kontak yang berada di dekatnya sehingga kontak yang semula terbuka (NO) akan menjadi tertutup sedangkan kontak yang awalnya tertutup (NC) akan menjadi terbuka. Magnetik kontaktor terdiri dari kontak utama dan kontak bantu. Kontak utama digunakan untuk sumber arus listrik sedangkan kontak bantu digunakan untuk rangkaian pengendali. Seandainya anda terbalik dalam memasang kedua kontak ini magnetik kontaktor tetap

akan masih bisa bekerja namun akan ada masalah yang timbul karena kontak bantu hanya didesain untuk dilewati arus yang kecil sedangkan kontak utama didesain untuk dilewati arus besar.

## **METEODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini akan dijelaskan tentang perhitungan arus, daya dan kecepatan pada rangkaian motor listrik 3 Phase dengan menggunakan Time Delay Relay (TDR) dan Tanpa menggunakan Time Delay Relay (TDR).

### **3.1 Tempat dan lokasi penelitian**

Kegiatan penelitian ini bertempat di laboratorium Fakultas Teknik, Prodi Teknik Elektro UMSU.

### **3.2 Alat dan Bahan**

Ada pun peralatan dan bahan yang digunakan sebagai berikut:

Komponen Rangkaian:

7. Kontaktor Listrik
8. *Miniature Circuit Breaker*  
(*MCB*)
9. Sakelar Tombol (*Push*  
*Button*)
10. *Time Delay Relay* (TDR)
11. *Thermal Over Load Relay*  
(TOLR)
12. Motor Induksi 3 Phasa

Alat Penelitian:

5. Avometer
6. Tang *Ampere*
7. *Tachometer*
8. *Tool Kit*

Bahan Penelitian

6. Rangkaian Daya Bintang  
Segitiga
7. Rangkaian Bintang Segitiga  
Sistem
8. Manual Dengan TDR
9. Rangkaian Bintang Segitiga  
Sistem

10. Manual Tanpa TDR

### 3.3 Prosedur Percobaan

Persiapan alat, bahan dan gambar rangkaian :

6. Merangkai rangkaian motor 3 phase Bintang (Y) dan Bintang ( $\Delta$ )
7. Rangkaian TDR, rangkaian sistem manual tanpa TDR
8. Pengukuran tegangan, arus, daya dan kecepatan
9. Penghitungan daya, rata-rata, selisih dan
10. Rangkaian pemicu *overshoot*

### 3.4 Jalannya Penelitian

Metode yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah :

7. Pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer.

8. Pengumpulan data diperoleh dengan pengukuran, wawancara, observasi dan penelusuran data.
9. Merangkai rangkaian daya,

Jenis Rangkaian	Proses Yang di Ukur	Tegangan (V)	Arus (I)	Kecepatan (rpm)
Sistem Manual Dengan TDR	Bintang (Y)	380 Volt	10 A	2787 Rpm
	Bintang (Δ)	380 Volt	14 A	2991 Rpm
Sistem Manual Dengan TDR	Bintang (Y)	380 Volt	8,4 A	2776 Rpm
	Bintang (Δ)	380 Volt	12A	2973 Rpm

rangkaian sistem manual dengan TDR, rangkaian sistem manual tanpa TDR

10. Pengukuran tegangan, arus, daya dan kecepatan
11. Penghitungan daya, rata-rata, selisih dan rangkaian pemicu *overshoot*
12. Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan editing, coding, dan tabulating.

Dari hasil data pengukuran yang dilakukan, didapatkan data berupa tabel yang disajikan dari jenis rangkaian pengendali bintang segitiga dengan sistem manual tanpa TDR dan sistem manual dengan TDR terlihat pada Tabel 3.1 dibawah ini:

**Tabel 3.1 Halis Pengukuran Tegangan dan Arus**

Karena pada pengujian kali ini daya tidak terpakai untuk energi sebenarnya maka pada metode penghitungan daya kali ini penulis menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi$$

..... 3.1

Sedangkan pada daya semu motor (VA) tersebut

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I$$

I.....  
 .....3.2

Maka arus yang di peroleh :

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$$

..... 3.3

Keterangan:

P = daya motor listrik (Watt)

V = tegangan kerja motor (Volt)

I = arus yang mengalir pada motor (*Ampere*)

$$\sqrt{3} = 1,73$$

$$\cos \varphi = 85\% = 0,85$$

Maka penghitungan selisih sistem manual dengan TDR dan sistem manual tanpa TDR

## 2. Penghitungan selisih arus

- Selisih arus pada proses bintang (Y):
- Selisih arus pada proses segitiga ( $\Delta$ ):

## 4. Penghitungan selisih daya

- Selisih daya pada proses bintang (Y):
- Selisih daya pada proses segitiga ( $\Delta$ ):

## 5. Penghitungan selisih kecepatan

- Selisih kecepatan pada proses bintang (Y):
- Selisih kecepatan pada proses segitiga( $\Delta$ ):

Penghitungan Rangkaian Pemicu Terjadinya *Overshoot* pada semua rangkaian, sehingga ketiga rangkaian tersebut memiliki arus yang cukup stabil dari proses bintang (Y) ke proses segitiga ( $\Delta$ ). Namun penulis tetap mencari perbedaan arus untuk mengetahui rangkaian mana yang mempunyai lonjakan kuat arus yang dapat memicu terjadinya *overshoot*.

Penghitungan Lonjakan Arus Sistem Manual Dengan TDR

Lonjakan Arus = arus segitiga  
( $\Delta$ ) – arus bintang (Y)  
Penghitungan Lonjakan Arus Sistem  
Manual Tanpa TDR

Lonjakan Arus = arus segitiga  
( $\Delta$ ) – arus bintang (Y)

## DAFTAR PUSTAKA

- Andri Tukananto dkk, 2015 Program Studi Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura dalam penelitiannya, *Rancang Bangun Sistem Proteksi Arus Lebih Motor 3 Fasa Dengan Timer Start Dan Trip*.
- Adhi Kusmanto, Agus Nuwolo Media Elekrika, Vol. 8, No. 2, Desember 2015 Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Semarang, *Pengendali Star Delta Pada Pompa Deep Well 3 Fasa 37 Kw Dengan Plc Zelio Sr3b261fu*
- Alif Maulana, Imamul Muttakin Jurnal PROtek Vol. 03 No. 1, Mei 2016 Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, *Optimalisasi Jaringan Saraf Listrik Untuk Desain dan Pengembangan Aplikasi Pengaturan Penggerak Listrik (Electrical Power Driver)*
- Bolton, W., 2004, *Programmable Logic Controller (PLC)*, Jakarta, Erlangga.
- Dwi Aryono, Mislan 2016, Jurusan Teknik Elektro–Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya, *Pemakaian Timer Pada Pengereman Dinamik Motor Induksi Rotor Sangkar tiga Phasa*
- Fraenkel, J. R. Wellen, N. E., 2008, *How to Design and Evaluate research in Education*, New York.
- I Gede Siden Sudaryana JPTK, UNDIKSHA, Vol. 12, No. 2, Juli 2015 : 131-142 Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Kejuruan Universitas Pendidikan Ganesha dalam penelitiannya, *pemanfaatan relay tunda waktu dan kontaktor pada panel hubung bagi (PHB) untuk praktek penghasutan starting motor star delta*.
- Nazir, 1988, *Pengertian Dan Jenis Metode Deskriptif*, Idtesis, Surabaya.
- Sugiono, 2008, *Statika Untuk Penelitian*, Tangga Pustaka, Jakarta.
- Sugiyono, 2007, *Metode Penelitian*, Alfabeta, Bandung.

Sutrisno, H., 2011, *Motor Listrik Arus Bolak Balik*, Klaten: Saka Mitra Kompetensi, Klaten.

**Biodata Penulis**

Nama: Muhammad Efri Apriandi

NPM : 1407220026

TTL: Mangkei Baru, 21 April 1995

Alamat: Jl. Simpang Kolan Gebang

Email: [Dheaep80@gmail.com](mailto:Dheaep80@gmail.com)

Riwayat Pendidikan :

2001 – 2007 : SDN 050765 Jl. Simpang Kolan Gebang

2007 – 2010 : SMPN 1 Pangkalan Brandan

2010 – 2013 : SMAN 1 Tanjung Pura

2014 – 2018: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Fakultas Teknik Elektro

