



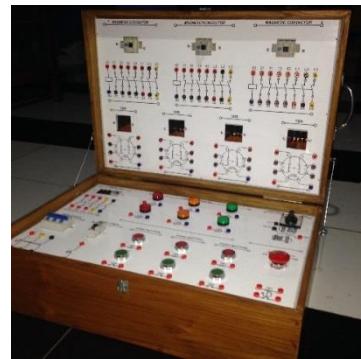
## **TRAINER PENGENDALI MOTOR LISTRIK AC 3 FASA**

### **PROYEK AKHIR**

Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta

Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan

Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik



Disusun Oleh

**NAMA: Hadi Prasetyo**

**NIM: 13506134011**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**  
**PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**

**2016**

**PERSETUJUAN  
PROYEK AKHIR**

Dengan judul

**TRAINER PENGENDALI MOTOR LISTRIK AC 3 FASA**

Dipersiapkan dan disusun oleh :

**Hadi Prasetyo**

**NIM : 13506134011**

Telah diperiksa dan disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk diujikan di depan

Dosen Penguji Tugas Akhir

Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta

Guna memperoleh gelar Ahli Madya

Yogyakarta, 18 Juli 2016  
Dosen Pembimbing Proyek Akhir



**Muhamad Ali, S.T M.T**  
**NIP. 19750609 20021 22 002**

**PENGESAHAN**

**PROYEK AKHIR**

Dengan judul

**TRAINER PENGENDALI MOTOR LISTRIK AC 3 FASA**

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji Tugas Akhir

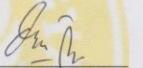
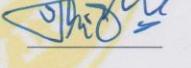
Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta

Pada tanggal 2 Agustus 2016

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat guna memperoleh

Gelar Ahli Madya Teknik Program Studi Teknik Elektro

**Dewan Peguji**

| Jabatan          | Nama                         | Tanda Tangan   | Tanggal   |
|------------------|------------------------------|--|-----------|
| 1. Ketua Penguji | Muhamad Ali,S.T M.T.         |    | 23/8 2014 |
| 2. Sekretaris    | Herlambang Sigit P, S.T.MCs. |  | 23/8 2014 |
| 3. Penguji Utama | Dr. Edy Supriyadi, M.Pd.     |  | 23/8 2016 |

Yogyakarta, 22 Agustus 2016

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta



## **PERNYATAAN**

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Hadi Prasetyo  
NIM : 13506134011  
Jurusan : Pendidikan Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik  
Judul Proyek Akhir :

### **TRAINER PENGENDALI MOTOR LISTRIK AC 3 FASA**

Menyatakan bahwa Proyek Akhir ini benar-benar merupakan karya sendiri dalam ide maupun desain kecuali penggerjaan diluar bidang Teknik Elektro. Karya ini saya buat sebagai salah satu syarat guna mendapatkan gelar Ahli Madya di jurusan Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta. Sepanjang pengetahuan saya, tidak ada karya atau pendapat orang lain yang ditulis atau diterbitkan kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan tata tulis yang lazim.

Yogyakarta, 1 Agustus 2016  
Yang menyatakan

Hadi Prasetyo  
NIM. 13506134011

## **MOTTO**

“Jangan ulangi kesalahan yang sama”

“Manfaatkan waktu sebaik mungkin”

“Selalu belajar dari yang sudah berpengalaman”

## **PERSEMBAHAN**

- Rasa syukur yang sebesar-besarnya kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah yang berlimpah.
- Kupersembahkan karya sederhana ini sebagai wujud dan baktiku selalu teruntuk Bapak, Ibu adikku tercinta atas dorongan, motivasi, kasih sayang dan do'a yang telah dicurahkan selama ini.
- Teman-teman seangkatan '013 yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Terimakasih atas doa, bantuan, dukungan, dan keceriaan selama ini.
- Seluruh mahasiswa jurusan Pendidikan Teknik Elektro, semoga karya ini bermanfaat
- Almamaterku Universitas Negeri Yogyakarta Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro.

## **TRAINER PENGENDALI MOTOR LISTRIK AC 3 FASA**

**Oleh :**

**Hadi Prasetyo**  
**NIM.13506134011**

### **ABSTRAK**

Tujuan Proyek Akhir ini adalah untuk mengembangkan, membuat, serta mengetahui unjuk kerja dari trainer pengendali motor listrik AC 3 fasa sebagai modul praktikum di sekolah menengah kejuruan. Alat ini diharapkan dapat membantu siswa guna memenuhi kompetensi pengendalian motor listrik AC 3 fasa.

Pembuatan Proyek Akhir ini menggunakan pendekatan penelitian dan pengembangan yang terdiri dari 5 tahap yaitu: (1) analisis kebutuhan dilakukan dengan cara mengkaji literatur standar kompetensi lulusan sekolah menengah kejuruan, (2) perancangan yang terdiri dari komponen, bentuk trainer, bahan, ukuran dan design rangkaian, (3) pembuatan yang meliputi pembuatan koper dan pemasangan komponen pada akrilik, (4) Tahap selanjutnya adalah pengujian fungsionalitas dan kinerja alat, dan (5) implementasi alat ini digunakan sebagai modul praktik di SMK. Trainer ini dikemas dalam bentuk koper sehingga trainer ini bisa dibawa dan digunakan dimana saja dan tidak memakan tempat yang terlalu banyak untuk sebuah trainer.

Hasil pengujian menunjukan trainer ini dapat digunakan dengan baik. Semua komponen bekerja sesuai dengan fungsinya masing-masing. Trainer mampu menjalankan rangkaian: (1) bintang segitiga secara otomatis, (2) membalik arah putaran motor 3 fasa, (3) menjalankan motor 3 fasa secara berurutan, (4) menjalankan motor 3 fasa secara bersamaan trainer.

**Kata kunci:** Trainer, Pengendali, Motor Listrik AC 3 Fasa.

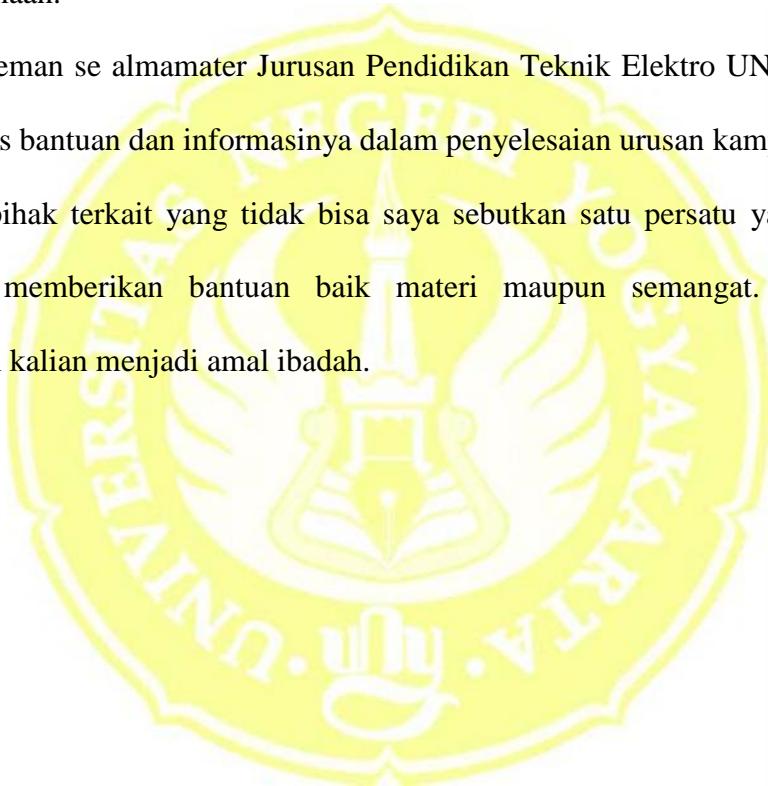
## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis panjatkan akan kehadirat Allah SWT Yang Maha Kuasa lagi Maha Mengetahui yang telah melimpahkan rahmat, nikmat dan anugerah-Nya sehingga dapat melaksanakan dan menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul pengendalian motor listrik ac 3 fasa ini dengan baik.

Terselesaikannya proyek akhir beserta laporannya tidaklah lepas dari bantuan-bantuan pihak lain. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Rasa syukur yang sebesar-besarnya kepada Allah SWT sehingga penulis dapat menyelesaikan proyek akhir dengan baik.
2. Kedua orang tua penulis atas dukungan baik moril maupun materil selama pelaksanaan proyek akhir.
3. Bapak Dr. Widarto, M.Pd. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
4. Bapak Drs. Totok Heru Tri Maryadi, M.Pd. selaku Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
5. Bapak Moh. Khoirudin, Ph.D selaku Ketua Program Teknik Elektro D3 Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
6. Bapak Muhammad Ali, S.T M.T selaku Dosen Pembimbing dalam pembuatan Proyek Akhir.
7. Bapak Drs. Nyoman Astra selaku koordinator proyek akhir D3 Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

8. Bapak Mashuri Ihsan selaku teknisi bengkel jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
9. Para Dosen, Teknisi dan Staf Jurusan Pendidikan Teknik Elektro yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman dan bantuannya selama ini sehingga dapat terselesaikannya pembuatan proyek akhir ini.
10. Teman-teman tim pengembang instalasi listrik dan High Voltage Team yang senantiasa membantu selama perkuliahan dan selalu memberi semangat.
11. Teman-teman kelas B angkatan 2013 yang senantiasa memberikan kebersamaan.
12. Teman-teman se almamater Jurusan Pendidikan Teknik Elektro UNY terima kasih atas bantuan dan informasinya dalam penyelesaian urusan kampus.
13. Semua pihak terkait yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu yang telah banyak memberikan bantuan baik materi maupun semangat. Semoga kebaikan kalian menjadi amal ibadah.



## DAFTAR ISI

|                          | Halaman |
|--------------------------|---------|
| HALAMAN JUDUL.....       | i       |
| HALAMAN PERSETUJUAN..... | ii      |
| HALAMAN PENGESAHAN.....  | iii     |
| HALAMAN PERNYATAAN ..... | iv      |
| MOTTO .....              | v       |
| PERSEMBAHAN.....         | vi      |
| ABSTRAK .....            | vii     |
| KATA PENGANTAR .....     | viii    |
| DAFTAR ISI.....          | x       |
| DAFTAR GAMBAR .....      | xiv     |
| DAFTAR TABEL.....        | xv      |
| DAFTAR LAMPIRAN.....     | xvii    |

## BAB I PENDAHULUAN

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| A. Latar Belakang Masalah ..... | 1 |
| B. Identifikasi Masalah .....   | 3 |
| C. Batasan Masalah.....         | 3 |
| D. Rumusan Masalah .....        | 4 |
| E. Tujuan .....                 | 4 |
| F. Manfaat .....                | 4 |
| G. Keaslian Gagasan .....       | 5 |

## BAB II PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

|  |   |
|--|---|
| A. Modul Praktik .....                         | 6 |
| 1. Pengertian Modul Praktik .....              | 6 |
| 2. Karakteristik Modul Praktik.....            | 7 |
| B. Komponen Utama .....                        | 8 |
| 1. Miniatur <i>Circuit Breaker</i> (MCB) ..... | 8 |

|  |    |
|--|----|
| a. jenis jenis MCB .....   | 9  |
| b. cara kerja MCB .....  | 10 |
| 2. <i>Thermal Overload Relay (TOLR)</i> .....  | 11 |
| 3. Kontaktor Magnit ( <i>magnetic contactor</i> ) .....  | 13 |
| 4. Saklar Tombol ( <i>Push Button</i> ).....   | 16 |
| 5. <i>Emergency Switch</i> .....   | 17 |
| 6. Penghantar Listrik .....  | 18 |
| C. Peralatan Pengujian.....  | 20 |
| 1. Loading Resistor .....  | 20 |
| 2. Insulation Tester.....  | 21 |
| 3. Tahanan Isolasi.....  | 21 |
| D. Kelengkapan Fasilitas untuk Mendukung Penerapan Trainer pengendali motor listrik ac 3 fasa sebagai Modul praktik..... | 25 |
| 1. Kelengkapan dan Fasilitas Bengkel .....   | 26 |
| 2. Bahan Praktik Unit Trainer pengendali motor listrik ac 3 fasa.....  | 27 |
| 3. Peralatan dan Alat Ukur .....   | 28 |

### **BAB III KONSEP RANCANGAN**

|   |    |
|---|----|
| A. Analisis Kebutuhan .....                                   | 29 |
| B. Konsep Perancangan .....                                   | 30 |
| 1. Perancangan dan Pembuatan.....                             | 30 |
| 2. Perancangan koper .....                                    | 31 |
| 3. Perancangan Modul-Modul Komponen.....                      | 31 |
| a. Modul MCB 1 Phasa.....                                     | 32 |
| b. Modul MCB 3 Phasa.....                                     | 33 |
| c. Modul <i>Thermal Overload Relay</i> .....                  | 34 |
| d. Modul <i>Magnetic Contactor</i> .....                      | 35 |
| e. Modul <i>Push Button</i> dan <i>Emergency Switch</i> ..... | 36 |
| f. Modul <i>Time Delay Relay</i> .....                        | 37 |
| g. Modul <i>Switch Auto Manual</i> .....                      | 38 |
| C. Implementasi .....   | 38 |
| D. Perencanaan Pengujian.....                                 | 39 |

|  |    |
|--|----|
| 1. Uji Teknis.....                                       | 39 |
| 2. Uji Fungsi dan Unjuk Kerja .....                      | 40 |
| <br><b>BAB IV PROSES PENGUJIAN, HASIL DAN PEMBAHASAN</b> |    |
| A. Pengujian.....  | 46 |
| 1. Uji Teknis.....                                       | 46 |
| 2. Pengujian fungsi dan unjuk kerja.....                 | 49 |
| B. Pembahasan.....                                       | 53 |
| 1. Pembahasan Uji Teknis.....                            | 53 |
| 2. Pembahasan Uji fungsi dan Unjuk kerja .....           | 56 |
| <br><b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>                    |    |
| A. Kesimpulan .....                                      | 57 |
| B. Keterbatasan .....                                    | 58 |
| C. Saran.....  | 58 |
| <br><b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                          | 59 |
| <br><b>LAMPIRAN.....</b>                                 | 60 |

## DAFTAR GAMBAR

|   | Halaman |
|---|---------|
| Gambar 1. Simbol Mcb .....  | 9       |
| Gambar 2. <i>Miniature Circuit Breaker (MCB)</i> .....                  | 9       |
| Gambar 3. Kontak-Kontak <i>Thermal Overload Relay</i> .....             | 12      |
| Gambar 4. Jenis pengoperasian elektromagnet pada kontaktor .....        | 14      |
| Gambar 5. Kontaktor Magnet .....  | 16      |
| Gambar 6. Konstruksi Saklar Tombol .....                                | 17      |
| Gambar 7. <i>Emergency Swicth</i> .....                                 | 18      |
| Gambar 8. <i>Loading Resistor Terco</i> .....                           | 20      |
| Gambar 9. pengukuran tahanan isolasi .....                              | 24      |
| Gambar 10. Modul MCB 1 Fasa .....                                       | 32      |
| Gambar 11. Modul MCB 3 Fasa .....                                       | 33      |
| Gambar 12. Modul <i>Thermal Overload Relay</i> .....                    | 34      |
| Gambar 13. Modul <i>Magnetic Contactor</i> .....                        | 35      |
| Gambar 14. Modul <i>Push Button</i> dan <i>Emergency Switch</i> .....   | 36      |
| Gambar 15. Modul <i>Time Delay Relay</i> .....                          | 37      |
| Gambar 16. Modul <i>Switch Auto Manual</i> .....                        | 38      |
| Gambar 17. Rangkaian Kendali dan Power Rangkaian Bintang Segitiga ..... | 41      |
| Gambar 18. Rangkaian membalik arah putaran motor 3 fasa .....           | 42      |
| Gambar 19. Rangkaian menjalankan motor 3 fasa secara bersamaan .....    | 43      |
| Gambar 20. Rangkaian menjalankan motor 3 fasa secara berurutan .....    | 44      |

## DAFTAR TABEL

|   | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 1. Sistem Isolasi menurut Suhu Operasi Maksimum .....                   | 23      |
| Tabel 2. Kebutuhan Kelengkapan dan Fasilitas Bengkel.....                     | 26      |
| Tabel 3. Kebutuhan Bahan Praktik trainer pengendali motor listrik ac 3 fasa   | 27      |
| Tabel 4. Kebutuhan Peralatan dan Alat Ukur .....                              | 28      |
| Tabel 5. Daftar alat dan bahan pembuatan trainer .....                        | 29      |
| Tabel 6. Data pengujian uji teknis.....                                       | 39      |
| Tabel 7. Kesimpulan pengujian uji teknis.....                                 | 40      |
| Tabel 8. Pengujian Rangkaian Bintang Segitiga Otomatis .....                  | 42      |
| Tabel 9. Proses Pengujian Keadaan <i>Emergency</i> .....                      | 42      |
| Tabel 10. Pengujian Rangkaian Membalik Arah Putaran Motor .....               | 42      |
| Tabel 11. Proses Pengujian Keadaan <i>Emergency</i> .....                     | 42      |
| Tabel 12. Pengujian Rangkaian menjalankan motor 3 fasa secara bersamaan       | 44      |
| Tabel 13. Proses Pengujian Keadaan <i>Emergency</i> .....                     | 44      |
| Tabel 14. Pengujian Rangkaian menjalankan motor 3 fasa secara berurutan..     | 45      |
| Tabel 15. Proses Pengujian Keadaan <i>Emergency</i> .....                     | 44      |
| Tabel 16. Data Hasil Pengujian Uji Teknis.....                                | 47      |
| Tabel 17. Kesimpulan pengujian uji teknis.....                                | 49      |
| Tabel 18. Hasil Pengujian Rangkaian Bintang Segitiga Otomatis .....           | 51      |
| Tabel 19. Hasil Pengujian Keadaan <i>Emergency</i> .....                      | 51      |
| Tabel 20. Hasil Pengujian Rangkaian Membalik Arah Putaran Motor .....         | 52      |
| Tabel 21. Hasil Pengujian Keadaan <i>Emergency</i> .....                      | 52      |
| Tabel 22. Hasil Pengujian Rangkaian menjalankan motor 3 fasa secara bersamaan | 52      |
| Tabel 23. Hasil Pengujian Keadaan <i>Emergency</i> .....                      | 52      |
| Tabel 24. Hasil Rangkaian menjalankan motor 3 fasa secara berurutan .....     | 53      |
| Tabel 25. Hasil Pengujian Keadaan <i>Emergency</i> .....                      | 53      |

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. Box Pengendali Motor Listrik AC 3 Fasa

Lampiran 2. Susunan Modul pada Box Pengendali Motor Listrik AC 3 Fasa

Lampiran 3. Dokumentasi Pembuatan Alat

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang Masalah**

Ketertinggalan dunia pendidikan Indonesia salah satunya disebabkan oleh kurang berkualitasnya sarana dan prasarana penunjang kebutuhan sekolah seperti modul praktik. Beberapa sekolah di perkotaan ataupun pedalaman masih banyak terjadi perbedaan dalam hal tersebut. Akses sulit dan keterlambatan distribusi sarana dan prasarana menjadi pendukung ketertinggalan pendidikan di Indonesia.

Untuk membekali kompetensi pengendalian motor listrik AC 3 fasa dibutuhkan sarana dan prasarana yang mendukung. Namun masih ada SMK yang belum mempunyai modul praktik yang berkualitas. Seperti di SMK Binawiyata Sragen belum terdapat modul praktik yang menunjang untuk memenuhi kompetensi pengendalian motor listrik AC 3 fasa. Di SMK Binawiyata Sragen baru terdapat box panel yang digunakan langsung untuk praktikum sehingga siswa masih susah dalam memahami pengendalian motor listrik AC 3 fasa, selain karena sulit dalam merangkainya dan kenyamanan siswa dalam merangkaipun belum bisa didapatkan di box panel. Kekurangan dari box panel yaitu tidak bisa dirangkai ulang. Apabila sudah selesai merangkai maka kabel yang telah digunakan akan dibuang, sedangkan bila menggunakan modul praktik siswa bisa bebas merangkai dan membongkar

rangkaian dengan leluasa karena pada trainer ini menggunakan kabel jumper sebagai penghubung antara modul satu dengan modul yang lainnya.

Lulusan SMK bidang keahlian otomasi industri diharapkan mampu menguasai pengendalian motor listrik AC 3 fasa. Akan tetapi berdasarkan observasi yang sudah kami lakukan siswa bidang keahlian otomasi industri belum banyak yang mampu mengendalikan motor listrik AC 3 fasa. Hal tersebut disebabkan oleh banyak faktor salah satunya adalah kurang berkualitasnya sarana dan prasarana yang belum memadai, kemudian siswa yang masih belum giat belajar serta modul praktikum yang sudah ada masih sulit untuk dipahami.

Kebutuhan sarana dan prasana seperti modul praktik di SMK masih belum memadai, masih banyak trainer yang rusak namun masih tetap digunakan, hal ini dapat membahayakan siswa saat melakukan praktik. Modul trainer pada dasarnya dibuat untuk mempermudah proses belajar dan praktik serta untuk mengembangkan teknik siswa dalam bekerja nantinya. berdasarkan observasi yang telah dilakukan di SMK Binawiyata Sragen peralatan praktiknya masih belum menunjang untuk melaksanakan praktikum pengendalian motor listrik AC 3 fasa sehingga dapat membahayakan bagi siswa saat melaksanakan praktikum. Oleh karena itu, kami mengangkat masalah itu menjadi Proyek Akhir dengan membuat trainer yang aman dan menggunakan komponen yang terbaru sehingga dapat dipahami dengan mudah.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah yang ditemui sebagai berikut:

1. Lulusan SMK bidang Teknik Otomasi Industri harus mampu menguasai kompetensi pengendalian motor listrik AC 3 fasa. Namun kenyataannya siswa SMK masih banyak yang belum mampu menguasai pengendalian Motor Listrik AC 3 fasa.
2. Penggunaan trainer yang ada saat ini masih kurang memadai terutama dalam hal Pengendalian Motor Listrik AC 3 Fasa.
3. Perlunya peningkatan kualitas pembelajaran dengan bantuan modul praktik berupa Trainer Pengendalian Motor Listrik AC 3 Fasa untuk lebih memacu prestasi belajar peserta didik.

## **C. Batasan Masalah**

Berdasarkan identifikasi masalah yang ada, maka dapat ditentukan batasan masalah sebagai berikut;

1. Penelitian ini fokus pada perancangan dan pembuatan trainer pengendali motor listrik AC 3 fasa dan bukan pada efek yang ditimbulkan terhadap penggunaan trainer ini.
2. Trainer Pengendali Motor Listrik AC 3 fasa dikendalikan menggunakan *Push Button, Magnetic Contactor, dan Time Delay Relay*
3. Trainer Pengendali Motor Listrik AC 3 fasa menggunakan *Time Delay Relay* sebagai pengendali otomatis.

## **D. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, maka diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengembangkan Trainer Pengendali Motor Listrik AC 3 fasa ?
2. Bagaimana unjuk kerja dan unjuk fungsi dari Trainer Pengendali Motor Listrik AC 3 fasa ?

## **E. Tujuan**

Tujuan dari pembuatan alat ini adalah:

1. Mengembangkan Trainer Pengendali Motor Listrik AC 3 fasa.
2. Mengetahui unjuk kerja Trainer Pengendali Motor Listrik AC 3 fasa.

## **F. Manfaat**

1. Bagi mahasiswa dapat dijadikan sebagai sarana mengaplikasikan pemahaman, keterampilan dan ilmu pengetahuan yang dikuasai menjadi bentuk karya nyata dan tepat guna.
2. Bagi perguruan tinggi Universitas Negeri Yogyakarta khususnya Jurusan Pendidikan Teknik Elektro dapat dijadikan media pembelajaran khususnya pada mata kuliah praktik instalasi listrik indsutri.
3. Bagi industri dapat dijadikan sebagai modul training tentang pengendali motor 3 phasa.

## **G. Keaslian Gagasan**

Proyek Akhir yang berJudul “Trainer Pengendali Motor Listrik AC 3 Fasa” adalah benar-benar asli dibuat dan disusun oleh penulis yang merupakan pengembangan dari trainer yang sudah ada. Jika ada pihak yang merasa hasil karya yang pernah dibuat serupa dengan Proyek Akhir yang kami susun, kami berharap dengan kerendahan hati untuk konfirmasi lebih lanjut dengan pihak penulis.

## **BAB II**

### **PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH**

#### **A. Modul Praktik**

##### **1. Pengertian Modul Praktik**

Modul merupakan satuan program belajar mengajar yang terkecil, yang dipelajari oleh siswa sendiri secara perseorangan atau diajarkan oleh siswa kepada dirinya sendiri (*self-instructional*) (Winkel, 2009:472). Dikaitkan dengan praktikum modul dimaknai sebagai alat komunikasi yang digunakan dalam proses pembelajaran untuk membawa informasi berupa materi ajar dari pengajar kepada peserta didik sehingga peserta didik menjadi lebih tertarik untuk mengikuti kegiatan pembelajaran. Satu hal yang perlu diingat bahwa peranan modul tidak akan terlihat apabila penggunaannya tidak sejalan dengan isi dan tujuan pembelajaran yang telah dirumuskan. Secanggih apa pun modul tersebut,tidak dapat dikatakan menunjang pembelajaran apabila keberadaannya menyimpang dari isi dan tujuan pembelajarannya.

Kesimpulannya, modul adalah suatu alat dapat digunakan untuk menyalurkan pesan dari pengirim ke penerima. Sehingga dapat merangsang pikiran, perasaan, perhatian dan minat siswa sedemikian rupa sehingga proses belajar terjadi. Berdasarkan pendapat-pendapat tersebut, maka dapat ditarik garis besar dari pengertian modul praktikum ialah

segala bahan, alat, metode ataupun teknik yang digunakan untuk menyampaikan informasi dari sumber (guru) ke penerima informasi (siswa) selama proses pembelajaran sehingga dicapai proses pembelajaran yang lebih bermutu.

## **2. Karakteristik Modul praktikum**

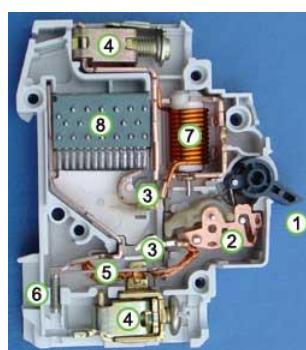
Modul merupakan salah satu bahan belajar yang dapat dimanfaatkan oleh siswa secara mandiri. Modul yang baik harus disusun secara sistematis, menarik, dan jelas. Modul dapat digunakan kapanpun dan dimanapun sesuai dengan kebutuhan siswa. Anwar (2010), menyatakan bahwa karakteristik modul sebagai berikut :

1. *Self instructional*, Siswa mampu membelajarkan diri sendiri, tidak tergantung pada pihak lain.
2. *Self contained*, Seluruh materi pembelajaran dari satu unit kompetensi yang dipelajari terdapat didalam satu modul utuh.
3. *Stand alone*, Modul yang dikembangkan tidak tergantung pada media lain atau tidak harus digunakan bersama-sama dengan media lain.
4. *Adaptif*, Modul hendaknya memiliki daya adaptif yang tinggi terhadap perkembangan ilmu dan teknologi.
5. *User friendly*, Modul hendaknya juga memenuhi kaidah akrab bersahabat/akrab dengan pemakainya.
6. Konsistensi, Konsisten dalam penggunaan font, spasi, dan tata letak.

## B. Komponen Utama

### 1. Miniatur *Circuit Breaker* (MCB)

MCB atau pemutus tenaga berfungsi untuk memutuskan suatu rangkaian apabila ada arus yang mengalir dalam rangkaian atau beban listrik yang melebihi kemampuan (Joko laras, 2009:15). Pemutus tenaga ini terdiri dari 2 jenis yaitu untuk sistem 1 fasa dan sistem 3 fasa. MCB 3 fasa terdiri dari tiga buah pemutus tenaga 1 fasa yang disusun menjadi satu kesatuan. Pemutus tenaga mempunyai 2 posisi, saat menghubungkan maka antara terminal masukan dan terminal keluaran MCB akan kontak. Pada posisi saat ini MCB pada kedudukan 1 (ON), dan saat ada gangguan MCB dengan sendirinya akan melepas rangkaian secara otomatis kedudukan saklaranya 0 (OFF), saat ini posisi terminal masukan dan keluaran MCB tidak menyambung.

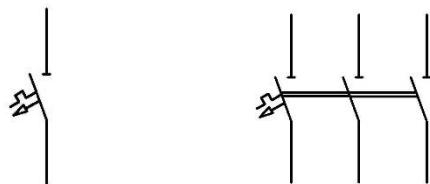


#### Keterangan

1. *Actuator Lever*
2. *Actuator Mechanism*
3. *Contacts*
4. *Terminals*
5. *Bimetal Strip*
6. *Calibration Screw*
7. *Solenoid*
8. *Arc Divider*

a. 2 Pole MCB                    b. Bagian Dalam MCB

Gambar 1. *Miniature Circuit Breaker* (MCB)  
(Sumber: <http://en.wikipedia.org>)



a. MCB 1 fasa                    b. MCB 3 fasa

Gambar 2. Simbol MCB  
(Sumber: PUIL 2000)

### a) Jenis-Jenis MCB

Berdasarkan waktu pemutusannya, pengaman-pengaman otomatis dapat terbagi atas (Joko laras, 2009:16):

#### 1. Otomat-L (Untuk Hantaran)

Pada Otomat jenis ini pengaman termisnya disesuaikan dengan meningkatnya suhu hantaran. Apabila terjadi beban lebih dan suhu hantarannya melebihi suatu nilai tertentu, elemen dwi logamnya akan memutuskan arusnya. Kalau terjadi hubung singkat, arusnya diputuskan oleh pengaman elektromagnetiknya. Untuk arus bolak-balik yang sama dengan 4 In-6 In dan arus searah yang sama dengan 8 In pemutusannya berlangsung dalam waktu 0.2 detik.

#### 2. Otomat-H (Untuk Instalasi Rumah)

Secara termis jenis ini sama dengan Otomat-L. Tetapi pengaman elektromagnetiknya memutuskan dalam waktu 0,2 sekon, jika arusnya sama dengan 2,5 In–3 In untuk arus bolak-balik atau sama dengan 4 In untuk arus searah. Jenis Otomat ini digunakan untuk instalasi rumah. Pada instalasi rumah, arus gangguan yang rendah pun harus diputuskan dengan cepat. Sehingga jika terjadi gangguan tanah, bagian-bagian yang terbuat dari logam tidak akan lama bertegangan.

### 3. Otomat-G

Jenis Otomat ini digunakan untuk mengamankan motor-motor listrik kecil untuk arus bolak-balik atau arus searah, alat-alat listrik dan juga rangkaian akhir besar untuk penerangan, misalnya penerangan pabrik. Pengaman elektromagnetiknya berfungsi pada 8 In-11 In untuk arus bolak-balik atau pada 14 In untuk arus searah. Kontak-kontak sakelarnya dan ruang pemadam busur apinya memiliki konstruksi khusus. Karena itu jenis Otomat ini dapat memutuskan arus hubung singkat yang besar, yaitu hingga 1500 ampere.

#### **b) Cara Kerja MCB**

1. Thermis; Prinsip kerjanya berdasarkan pada pemuaian atau pemutusan dua jenis logam yang koefisien jenisnya berbeda. Kedua

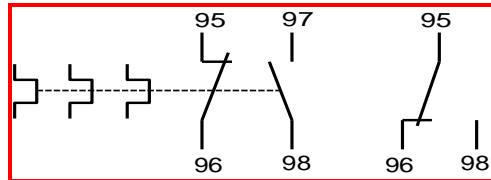
jenis logam tersebut dilas jadi satu keping (bimetal) dan dihubungkan dengan kawat arus. Jika arus yang melalui bimetal tersebut melebihi arus nominal yang diperkenankan maka bimetal tersebut akan melengkung dan memutuskan aliran listrik.

2. Magnetik; Prinsip kerjanya adalah memanfaatkan arus hubung singkat yang cukup besar untuk menarik sakelar mekanik dengan prinsip induksi elektromagnetis. Semakin besar arus hubung singkat, maka semakin besar gaya yang menggerakkan sakelar tersebut sehingga lebih cepat memutuskan rangkaian listrik dan gagang operasi akan kembali ke posisi *off*. Busur api yang terjadi masuk ke dalam ruangan yang berbentuk pelat-pelat, tempat busur api dipisahkan, didinginkan dan dipadamkan dengan cepat.

## **2. *Thermal Over Load Relay (TOLR)***

*Thermal Over Load Relay (TOLR)* adalah suatu pengaman beban lebih (Joko laras, 2009:27). Menurut PUIL 2000 bagian 5.5.4.1; proteksi beban lebih (arus lebih) dimaksudkan untuk melindungi motor dan perlengkapan kendali motor, terhadap pemanasan berlebihan sebagai akibat beban lebih atau sebagai akibat motor tak dapat diasut. Beban lebih atau arus lebih pada waktu motor berjalan bila bertahan cukup lama akan mengakibatkan kerusakan atau pemanasan yang berbahaya pada motor tersebut. TOLR memiliki rating yang berbeda-beda tergantung dari

kebutuhan, biasanya tiap-tiap TOLR mempunyai batas rating yang dapat diatur.



Gambar 3. Kontak-kontak *Thermal Over Relay*  
(Sumber: <http://www.indiamart.com>)

TOLR pada prinsipnya terdiri dari 2 buah macam logam yang berbeda serta tingkat pemuaian juga berbeda pula. Kedua logam tersebut dilekatkan menjadi satu yang disebut bimetal. Apabila bimetal tersebut dipanasi maka akan membengkak karena perbedaan tingkat pemuaian kedua logamnya. Bimetal tersebut diletakan didekat sebuah elemen pemanas yang dilalui oleh arus menuju beban ujung yang satu dipasang tetap sedangkan yang lainnya dipasang bebas bergerak dan membengkok dan dapat membuka kontak-kontaknya, dengan demikian rangkaian beban atau motor akan terputus. Besarnya arus yang diperlukan untuk mengerjakan bimetal sebanding dengan besarnya arus yang diperlukan untuk membuat alat pengaman terputus. Di dalam penggunaanya sesuai dengan PUIL 2000 pasal 5.5.4.3 bahwa gawai proteksi beban lebih yang digunakan adalah tidak boleh mempunyai nilai pengenal, atau disetel pada

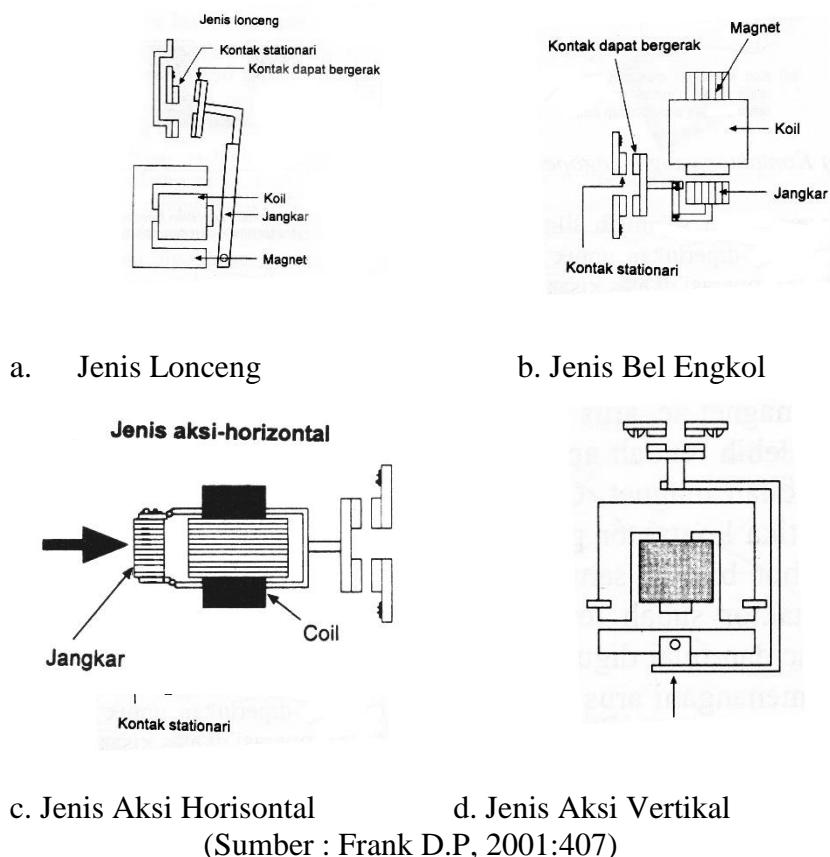
nilai yang lebih tinggi dari yang diperlukan untuk mengasut motor pada beban penuh. Oleh karena itu, waktu tunda gawai proteksi beban lebih tersebut tidak boleh lebih lama dari yang diperlukan untuk memungkinkan motor diasut dan dipercepat pada beban penuh.

### 3. Kontaktor Magnetik (*Magnetic Contactor*)

Kontaktor magnet adalah gawai elektromekanik yang dapat berfungsi sebagai penyambung dan pemutus rangkaian, yang dapat dikendalikan dari jarak jauh (Joko laras, 2009:12). Pergerakan kontak-kontaknya terjadi karena adanya gaya elektromagnet. Kontaktor magnet merupakan sakelar yang bekerja berdasarkan kemagnetan, artinya alat ini bekerja bila ada gaya kemagnetan. Magnet berfungsi sebagai penarik dan pelepas kontak-kontak. Arus kerja normal adalah arus yang mengalir selama pemutaran tidak terjadi. Kumparan atau belitan magnet (*coil*) suatu kontaktor magnet dirancang untuk arus searah (DC) saja atau arus bolak-balik (AC) saja.

Kontaktor arus searah (DC) kumparannya tidak menggunakan kumparan hubung singkat, sedang kontaktor arus bolak-balik (AC), pada inti magnetnya dipasang kumparan hubung singkat. Bila kontaktor untuk arus searah digunakan pada arus bolak-balik, maka kemagnetannya akan timbul dan hilang setiap saat mengikuti bentuk gelombang arus bolak-balik. Sebaliknya jika kontaktor yang dirancang untuk arus bolak-balik

digunakan pada arus searah, maka pada kumparan itu tidak timbul induksi listrik, sehingga kumparan menjadi panas. Jadi kontaktor yang dirancang untuk arus searah, digunakan untuk arus searah saja begitu juga untuk arus bolak-balik. Umumnya kontaktor magnet akan bekerja normal bila tegangannya mencapai 85% tegangan kerjanya, bila tegangan turun kontaktor akan bergetar. Ukuran dari kontaktor magnet ditentukan oleh batas kemampuan arusnya.



Gambar 4. Jenis Pengoperasian Elektromagnet pada Kontaktor

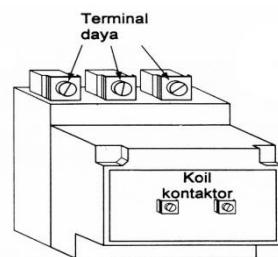
(Sumber : Frank D.P, 2001:407)

Prinsip dari kontakor magnetis pada gambar 2.15 menunjukkan empat jenis pengoperasian elektromagnetis yaitu: jenis lonceng, bel engkol, aksi horisontal, dan aksi-vertikal. Rangkaian magnetis terdiri dari baja ringan dengan permeabilitas tinggi dan magnet sisa rendah. Tarikan magnet yang dibangkitkan oleh kumparan harus cukup kuat dan cepat untuk menutup jangkar terhadap gaya gravitasi dan kontak. Menurut Subardjono (1990 : 15) bahwa piranti magnet kontakor mengalami dua kondisi yaitu :

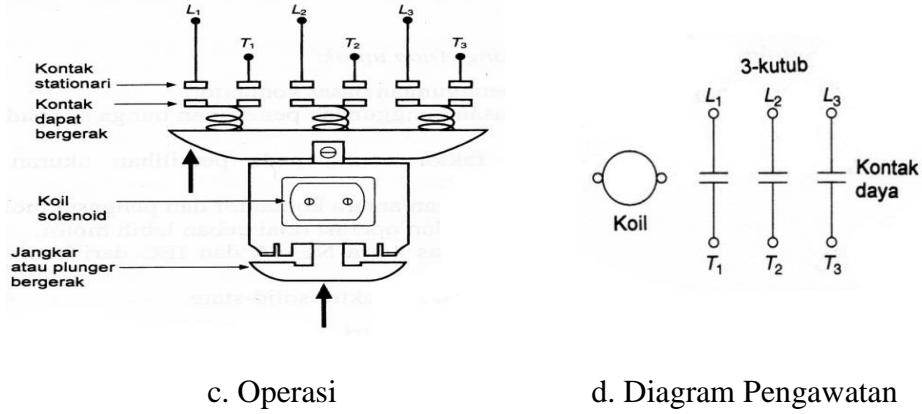
- a. Jika kumparan magnet dialiri arus AC maupun DC, maka akan timbul medan magnet disekitar penghantar yang berarus. Hal ini dapat menyebabkan tertariknya bilah-bilah kontakor yang bergerak. Pada kondisi ini magnet kontakor dalam kondisi bekerja.
- b. Jika arus sudah tidak mengalir ke kumparan pemagnet maka armatur dan bilah-bilah kontak gerak akan melepaskan diri karena ter dorong oleh pegas-pegas penunjang. Pada kondisi ini magnet kontakor dalam kondisi tidak bekerja.



a. Mitsubishi Kontaktor



b. Diagram Piktorial



Gambar 5. Kontakor Magnet  
(Sumber: Frank D.P, 2001:407)

Kontak-kontak magnet kontaktor terdiri atas kontak utama dan kontak pembantu. Kontak utama merupakan kontak *normally open* yang bertindak sebagai saklar yaitu membuka dan menutup rangkaian sumber terhadap beban. Kontaktor magnetis umumnya mempunyai tiga buah kontak utama. Kontak pembantu bisa berupa kontak *normally open* maupun *normally close*. Kontak ini mempunyai arus kerja yang lebih rendah dari pada kontak utama dan digunakan seperti relai untuk pengunci atau *interlock* pada dua buah sistem kontaktor.

#### 4. Saklar Tombol (*Push Button*)

Saklar tombol sering dinamakan tombol tekan (push button), ada dua macam yaitu tombol tekan *normally open* (NO) dan tombol tekan *normally close* (NC) (Joko laras, 2009:20). Konstruksi tombol tekan ada beberapa

jenis, yaitu jenis tunggal ON dan OFF dibuat secara terpisah dan ada juga yang dibuat satu tempat. Jenis ini untuk satu tombol dapat untuk ON dan OFF tergantung keinginan penggunaannya. Tombol tekan tunggal terdiri dari dua terminal, sedang tombol tekan ganda terdiri dari empat terminal.



Gambar 6. Konstruksi saklar tombol (Push Button)

(Sumber : Foto Pribadi)

##### 5. *Emergency Switch*

*Emergency switch* digunakan untuk mematikan sumber secara langsung saat terjadi gangguan pada system yang telah dirangkai(Joko laras, 2009:21). Sesuai dengan fungsinya *emergency switch* beroperasi saat rangkaian mengalami gangguan yang dapat membahayakan peralatan dan manusia. *Emergency switch* digunakan dengan cara memutar switch untuk menghubungkan rangkaian dan kemudian ditekan untuk melepaskannya.



Gambar 7. Emergency switch  
(Sumber : <http://www.alibaba.com>)

## 6. Penghantar Listrik

Kabel listrik adalah media untuk mengantarkan arus listrik ataupun informasi (Joko laras, 2009:1). Bahan dari kabel ini beraneka ragam, khusus sebagai pengantar arus listrik, umumnya terbuat dari tembaga dan umumnya dilapisi dengan pelindung. Selain tembaga, ada juga kabel yang terbuat dari serat optik, yang disebut dengan *fiber optic cable*.

Penghantar atau kabel yang sering digunakan untuk instalasi listrik penerangan umumnya terbuat dari tembaga. Penghantar tembaga setengah keras (BCC ½ H = *Bare Copper Conductor Half Hard*) memiliki nilai tahanan jenis 0,0185 ohm mm<sup>2</sup>/m dengan tegangan tarik putus kurang dari 41 kg/mm<sup>2</sup>. sedangkan penghantar tambaga keras (BCCH =*Bare Copper Conductor Hard*), kekuatan tegangan tariknya 41 kg/mm<sup>2</sup>. Pemakaian tembaga sebagai penghantar adalah dengan pertimbangan bahwa tembaga merupakan suatu bahan yang mempunyai daya hantar yang baik setelah perak. Penghantar yang dibuat oleh pabrik yang dibuat oleh pabrik

terdapat beraneka ragamnya. Berdasarkan konstruksinya, penghantar diklasifikasikan sebagai berikut (Joko laras, 2009:1):

- a) Penghantar pejal (solid); yaitu penghantar yang berbentuk kawat pejal yang berukuran sampai  $10 \text{ mm}^2$ . Tidak dibuat lebih besar lagi dengan maksud untuk memudahkan penggulungan maupun pemasangannya.
- b) Penghantar berlilit (stranded); penghantarnya terdiri dari beberapa urat kawat yang berlilit dengan ukuran  $1 \text{ mm}^2 - 500 \text{ mm}^2$ .
- c) Penghantar serabut (fleksibel); banyak digunakan untuk tempat-tempat yang sulit dan sempit, alat-alat portabel, alat-alat ukur listrik dan pada kendaraan bermotor. Ukuran kabel ini antara  $0,5 \text{ mm}^2 - 400 \text{ mm}^2$ .
- d) Penghantar persegi (busbar); penampang penghantar ini berbentuk persegi empat yang biasanya digunakan pada PHB (Papan Hubung Bagi) sebagai rel-rel pembagi atau rel penghubung. Penghantar ini tidak berisolasi.

Adapun bila ditinjau dari jumlah penghantar dalam satu kabel, penghantar dapat diklasifikasikan menjadi:

- a) Penghantar simplex ; ialah kabel yang dapat berfungsi untuk satu macam penghantar saja (misal: untuk fasa atau netral saja). Contoh penghantar simplex ini antara lain: NYA  $1,5 \text{ mm}^2$ ; NYAF  $2,5 \text{ mm}^2$  dan sebagainya.
- b) Penghantar duplex ; ialah kabel yang dapat menghantarkan dua aliran (dua fasa yang berbeda atau fasa dengan netral). Setiap

penghantarnya diisolasi kemudian diikat menjadi satu menggunakan selubung. Penghantar jenis ini contohnya NYM 2x2,5 mm<sup>2</sup>, NYY 2x2,5mm<sup>2</sup>.

- c) Penghantar triplex ; yaitu kabel dengan tiga pengantar yang dapat menghantarkan aliran 3 fasa (R, S dan T) atau fasa, netral dan arde. Contoh kabel jenis ini: NYM 3x2,5 mm<sup>2</sup>, NYY 3x2,5 mm<sup>2</sup> dan sebagainya.
- d) Penghantar quadruplex ; kabel dengan empat pengantar untuk mengalirkan arus 3 fasa dan netral atau 3 fasa dan pentanahan.

## C. Peralatan Pengujian

### 1. *Loading Resistor*



Gambar 8. *Loading Resistor Terco*

Alat ini digunakan sebagai simulasi beban (load) dalam proses pengujian. Modul loading resistor yang digunakan mempunyai 3 input dan 3

output yang masing-masing mempunyai kemampuan maksimal untuk dibebani 5A.

## **2. Insulation Tester**

Alat ini digunakan untuk mengukur besarnya tahanan isolasi pada ujung-ujung kontak disconnect (saklar penghubung) dan circuit breaker. Pengukuran tahanan isolasi pemutus tenaga (PMT) ialah proses pengukuran dengan suatu alat ukur insulation tester (megger) untuk memperoleh hasil (nilai/besaran) tahanan isolasi pemutus tenaga antara bagian yang diberi tegangan (fasa) terhadap badan (case) yang ditanahkan maupun antara terminal masukan (I/P terminal) dengan terminal keluaran (O/P terminal) pada fasa yang sama.

## **3. Tahanan Isolasi**

Isolasi secara umum diklasifikasikan berdasarkan ketahanan panas. Performansi dari isolasi tergantung dari temperatur operasinya. Semakin tinggi temperatur, semakin tinggi tingkat kerusakan kimianya.

Material isolasi dikelompokkan dalam kelas-kelas berbeda O, A, B, dan C dengan batas temperatur 90°C, 105°C, 130°C untuk 3 kelas pertama dan tidak ada batasan khusus untuk kelas C. Kelas O dan A mencakup berbagai bahan organik tanpa dan dengan impregnasi. Kelas B dan C mencakup bahan anorganik dengan dan tanpa bahan pengikat. Kategori baru dari IEC (*International Electrotechnical Commission*):

1. Kelas Y (dahulu O): 90°C: kertas, katun, sutra, karet alami, polyvinyl chloride, dll tanpa impregnasi.
2. Kelas A: 105°C: sama dengan kelas Y tetapi tidak diimpregnasi, ditambah nilon.
3. Kelas E: 120°C: *Polythylene terephthalate (terylene fibre, melinex film), cellulose triacetate, polyurethanes, polyvinyl acetate enamel.*
4. Kelas B: 130°C: mika, *fiberglass (alkali free alumino borosilicate), bitumenized asbestos, bekalite, polyester enamel.*
5. Kelas F: 155°C: sama dengan kelas B namun dengan *alkyd* dan *epoxy based resins.*
6. Kelas H: 180°C: sama dengan kelas B dengan *silicone resin binder*, karet silikon, *aromatic polyamide (nomex paper and fibre), polymide film(enamel, varnish, and film) dan estermide enamel.*
7. Kelas C: diatas 180°C: sama dengan kelas B namun dengan pengikat *non-organik* yang sesuai; teflon (*polytetraflouroethylene*)

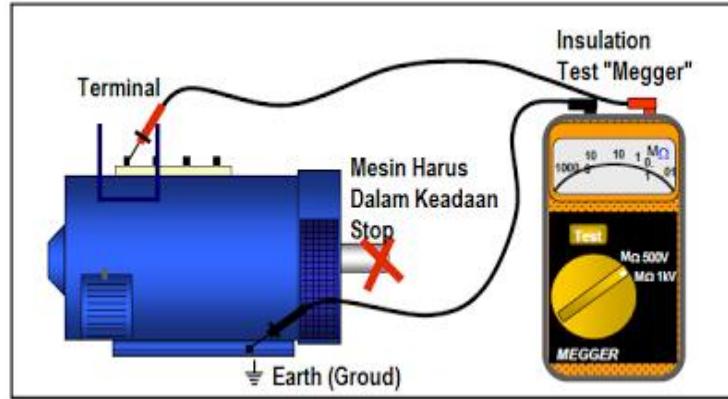
Sistem isolasi berdasarkan NEMA (*National Electrical Manufacturers Association*) menurut suhu operasi maksimum ditunjukan pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Sistem Isolasi menurut Suhu Operasi Maksimum

| Temperature Tolerance Class | Maximum Operation Temperature Allowed |     | Allowable Temperature Rise at full load<br>1.0 service factor motor<br>1) | Allowable Temperature Rise<br>1.15 service factor<br>motor <sup>1)</sup> |
|-----------------------------|---------------------------------------|-----|---|--|
|                             | °C                                    | °F  | °C  | °C   |
| A                           | 105                                   | 221 | 60  | 70   |
| B                           | 130                                   | 266 | 80  | 90   |
| F                           | 155                                   | 311 | 105   | 115  |
| H                           | 180                                   | 356 | 125   | -  |

Tahanan isolasi adalah tahanan yang terdapat diantara dua kawat saluran yang diisolasi satu sama lain atau tahanan antara satu kawat saluran dengan tanah (ground). Tahanan isolasi merupakan hal yang harus diperhatikan saat memasang instalasi listrik dengan menggunakan kawat tertutup.

Tahanan isolasi antara penghantar tembaga dengan tanah atau ground pada sebuah mesin listrik diukur dengan menggunakan alat ukur *High Voltage Tester* atau *Insulation Resistance Meter*, dimana tegangan DC diinputkan ketik pengukuran yang nilainya tergantung dari tegangan operasi mesin listrik tersebut.



Gambar 9. Pengujian Tahanan Isolasi  
(Sumber: direktorilistrik.blogspot.com)

Tegangan yang diinputkan pada titik pengukuran tersebut akan menghasilkan arus bocor yang mengalir melewati isolasi belitan, sehingga besarnya arus yang ditimbulkan menjadi hasil pembacaan pada alat Insulation Test yang setelah dikonversi akan ditampilkan dalam nilai tahanan (*resistance*) dengan satuan Mega Ohm. Tegangan DC yang diinputkan untuk peralatan *Low Voltage* adalah sebesar 100 - 600 V dan untuk *medium voltage* antara 1000 - 5000 V.

Untuk peralatan listrik tegangan rendah (*Low Voltage*), nilai tahanan isolasi (*Insulation Resistance*) normal antara phasa ke tanah harus lebih besar dari satu Mega Ohm. Jika didapati hasil pengukuran lebih rendah dari satu Mega Ohm, maka isolasi belitan peralatan tersebut perlu diperiksa, dikeringkan, dibersihkan dan bila hasil pembacaan masih menunjukkan nilai yang rendah maka perlu dilakukan *refurbish*.

#### **4. Kelengkapan Fasilitas untuk Mendukung Penerapan Trainer Pengendali Motor Listrik AC 3 fasa sebagai Modul Praktik**

Menurut Kamus besar bahasa Indonesia, fasilitas adalah segala hal yang dapat memudahkan perkara. Kelengkapan fasilitas praktik diartikan sebagai keadaan fasilitas praktik yang sudah lengkap atau fasilitas praktik yang sudah komplit.

Pemenuhan kebutuhan fasilitas belajar merupakan salah satu faktor pendukung untuk kesiapan penerapan Trainer pengendali motor listrik AC 3 fasa sebagai modul praktik khususnya pada mata kuliah Praktik Instalasi Indsutri. Hal tersebut dikarenakan pada saat proses belajar mengajar berlangsung menggunakan fasilitas belajar. Selama proses belajar mengajar berlangsung, keberadaan fasilitas pendidikan yang memenuhi syarat dan dimanfaatkan secara optimal, akan memberikan kontribusi yang nyata pada mutu pendidikan.

Keberhasilan dalam setiap proses belajar mengajar, ditentukan oleh beberapa faktor salah satunya adalah kelengkapan fasilitas praktik yang mendukung proses belajar mengajar. Tanpa adanya fasilitas yang memadai maka proses belajar mengajar tidak akan berjalan dengan lancar. Selain itu mutu tamatan tidak akan maksimal karena keterbatasan fasilitas praktik sehingga peserta didik tidak akan dapat melaksanakan prakteknya dengan lancar.

Menurut Wibowo (1998:79) belajar tanpa adanya alat-alat pelajaran yang memadai, maka proses belajar mengajar tidak akan lancar, dengan demikian semakin lengkap alat-alat pekerjaan, semakin dapat seseorang belajar dengan baik.

Setiap lembaga pendidikan akan selalu mengadakan pemenuhan kebutuhan fasilitas praktik apabila dirasa fasilitasnya kurang memadai, atau akan melakukan kegiatan praktik untuk peserta didiknya ke tempat lain, tetapi hal tersebut memerlukan waktu dan biaya yang mahal.

Berdasarkan identifikasi kajian pustaka dan konsultasi terhadap dosen, fasilitas yang dibutuhkan dalam praktik Trainer pengendali motor 3 fasa antara lain sebagai berikut:

### **1. Kelengkapan dan Fasilitas Bengkel**

Tabel 2. Kebutuhan Kelengkapan dan Fasilitas Bengkel

| No | Nama Perlengkapan & Fasilitas bengkel | Jumlah |
|----|---------------------------------------|--------|
| 1  | Sumber listrik AC 3 fasa dan pengaman | 1      |
| 2  | Sumber listrik AC 1 fasa dan pengaman | 1      |
| 3  | Beban motor induksi 3 phase           | 2      |
| 4  | Beban motor induksi 1 phase           | 3      |
| 5  | Beban lampu pijar 60 watt             | 2      |
| 6  | Loading Resistor                      | 1      |
| 7  | Rheostat                              | 1      |

## 2. Bahan Praktik Unit Trainer Pengendali Motor Listrik AC 3 fasa

Tabel 3. Kebutuhan Bahan Praktik Trainer Pengendali Motor Listrik  
AC 3 fasa

| No | Nama komponen                           | Spesifikasi  | Jml | Sat |
|----|---|--|-----|-----|
| 1  | MCB 3 Ph                                | <i>Merlyn Gerlin 6A</i>  | 1   | bh  |
| 2  | MCB 1 Ph                                | <i>Merlyn Gerlin 2A</i>  | 2   | bh  |
| 3  | <i>Magnetic Contactor</i><br>(MC)       | 2 kontak bantu NO<br>2 kontak bantu NC<br>3 kontak utama<br>220 Volt, 50 Hertz | 3   | bh  |
| 5  | <i>Push Button Switch</i><br><i>OFF</i> | <i>Momentary NO</i>  | 3   | bh  |
| 6  | <i>Push Button Switch</i><br><i>ON</i>  | <i>Momentary NC</i>  | 3   | bh  |
| 7  | <i>Emergency Switch</i>                 | <i>Set and Reset 16A</i>   | 1   | bh  |
| 8  | <i>Thermal Overload</i><br><i>Relay</i> | 2 - 5 Ampere   | 1   | bh  |
| 0  | <i>Lamp Indicator</i>                   | AC 220V  | 6   | bh  |

### 3. Peralatan dan Alat Ukur

Tabel 4. Kebutuhan Peralatan dan Alat Ukur

| No | Nama Peralatan/Alat Ukur | Jumlah |
|----|--------------------------|--------|
| 1  | Testpen                  | 1      |
| 2  | Multimeter               | 1      |
| 3  | Clamp ampere             | 1      |
| 4  | Stopwatch                | 1      |

## **BAB III**

### **KONSEP RANCANGAN ALAT**

#### **A. Analisis Kebutuhan**

Trainer Pengendali Motor Listrik AC 3 Fasa dirancang untuk membantu proses pembelajaran dan memperkenalkan kepada siswa SMK Binawiyata Sragen tentang pengoperasian pengendalian motor listrik AC 3 fasa. Pada trainer ini terdapat berbagai fungsi yang beragam diantaranya simulasi rangkaian bintang segitiga dan rangkaian membalik arah putaran motor listrik 3 AC fasa. Pembuatan trainer ini didasari bahwa di jurusan teknik otomasi industri SMK Binawiyata Sragen belum memiliki trainer pengendalian motor listrik 3 AC fasa yang dimana sangat penting bagi siswa dalam kegiatan praktik ataupun saat sudah bekerja di industri nantinya.

Dalam pembuatan modul ini diperlukan analisis kebutuhan apa saja yang akan digunakan pada alat yang dibuat. Untuk merealisasikannya diperlukan alat dan bahan, antara lain sebagai berikut:

Tabel 5. Daftar alat dan bahan pembuatan Trainer.

| <b>No</b> | <b>Nama</b>        | <b>Spesifikasi</b>                   | <b>Jumlah</b> | <b>Satuan</b> |
|-----------|--------------------|--------------------------------------|---------------|---------------|
| 1         | Akrilik            | Warna putih susu (60x40), tebal 3 mm | 2             | lbr           |
| 2         | Kabel tie          | panjang 10 cm                        | 4             | pack          |
| 3         | MCB                | 2 ampere                             | 2             | pcs           |
| 4         | Magnetic Contactor | SN-21 ( 1 NO, 1 NC)                  | 3             | pcs           |
| 5         | Emergency Switch   | Set and Reset, 16 Ampere             | 2             | pcs           |
| 6         | Lampu pilot        | 220 VAC                              | 6             | pcs           |

| No | Nama            | Spesifikasi        | Jumlah | Satuan |
|----|-----------------|--------------------|--------|--------|
| 7  | Solder          | Dekko DS60W        | 1      | pcs    |
| 8  | Pasta splder    | Tanashin           | 2      | pcs    |
| 9  | Tang rivet      | camel              | 1      | pcs    |
| 10 | Banana plug     | Steker bus merah   | 148    | pcs    |
| 11 | Banana plug     | Steker bus biru    | 44     | pcs    |
| 12 | Banana plug     | Steker bus hijau   | 94     | pcs    |
| 13 | Banana plug     | Steker bus hitam   | 4      | pcs    |
| 14 | Banana plug     | Steker bus kuning  | 8      | pcs    |
| 15 | Push button ON  | 2 kondisi (NO, NC) | 3      | pcs    |
| 16 | Push button OFF | 2 kondisi (NO, NC) | 3      | pcs    |
| 17 | Kabel NYAF      | 1,5mm              | 100    | meter  |
| 18 | Overload        | TH-N12/2,5A        | 1      | pcs    |

## B. Konsep Rancangan

Trainer Pengendali Motor Listrik AC 3 Fasa ini merupakan sebuah alat bantu pembelajaran tentang pengendalian motor listrik ac 3 fasa. trainer ini akan dirancang dengan konsep *portable* yaitu dimana trainer ini bisa dibawa kemana mana karena designya yang menarik dan dilengkapi dengan nama komponen, simbol yang tepat serta berbagai keterangan tentang komponen tersebut yang akan dapat dengan mudah dipahami.

### 1. Perancangan dan Pembuatan

Seperti yang telah dijelaskan di atas bahwa trainer ini akan dirancang menggunakan konsep *portable* yaitu dimana trainer ini bisa dibawa kemana mana karena desainnya yang menarik dan dilengkapi dengan nama komponen, simbol yang tepat serta berbagai keterangan tentang komponen tersebut yang akan dapat dengan mudah dipahami dan

berdasarkan standar *International Electreronical Commission (IEC)*, *Institute of Electrical and Electronics Engineers(IEEE)* dan Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2000). Selain itu, penempatan modular juga akan didesain dengan konsep menyatu dengan koper dan dilengkapi dengan tuas untuk membawa koper dengan praktis sehingga koper mudah dibawa kemana mana dan mudah disimpan apabila tidak digunakan. Proses perancangan dan pembuatan trainer ini melalui tahapan perancangan koper serta perancangan modul komponen.

## 2. Perancangan Koper

Koper dibuat dari bahan plitur dan kayu yang berfungsi untuk meletakkan modul-modul trainer pada saat digunakan. Bahan kayu tersebut terdiri atas kayu jati kotak dengan ukuran 60 x 40 cm; 60 x 40 cm; 10 x 10 cm. Kayu - kayu tersebut dirangkai sedemikian rupa menggunakan sekerup dan lem khusus sehingga menjadi bentuk menyerupai koper. Plitur digunakan sebagai pelapis pada koper agar lebih kuat dan menarik.

## 3. Perancangan Modul-Modul Komponen

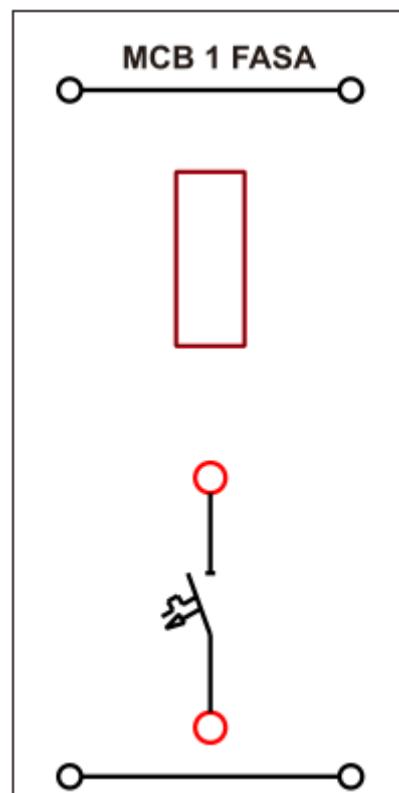
Setelah dilakukannya identifikasi dan proses perancangan maka didapat 24 modul komponen. Proses perancangan dan pembuatan masing-masing modul hampir sama yaitu dengan meletakkan masing-masing komponen pada sebuah akrilik kemudian terminal-terminal output dari komponen tersebut dihubungkan pada terminal hubung *banana plug* yang telah dilengkapi dengan simbol dan keterangan dari komponen tersebut.

Adapun penjelasan dari modul-modul komponen tersebut adalah sebagai berikut :

a. Modul MCB 1 Phasa

Sebagai pengaman dan pembatas arus dari sumber 1 phasa baik dari PLN yang menuju *magnetic contactor* digunakan sedikitnya 2 buah MCB 1 Phasa maka dalam trainer ini dibuat sebuah modul MCB 1 phasa yang di dalamnya terdapat dua buah MCB 1 phasa.

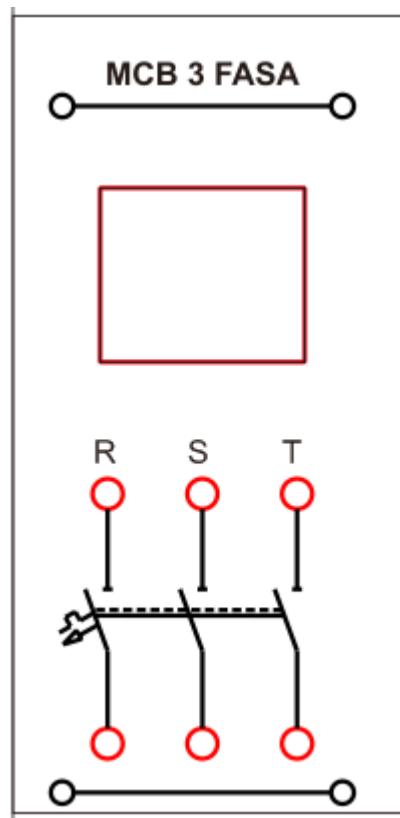
Input dan output dari MCB tersebut dihubungkan pada terminal hubung *banana plug* dan disertai dengan simbol *in* dan *out*.



Gambar 10. Modul MCB 1 Fasa

b. Modul MCB 3 Phasa

MCB 3 phasa berfungsi sebagai pengaman dan pembatas arus dari PLN yang akan mengalir ke beban. Dalam trainer ini terdapat satu buah modul MCB tiga phasa. Seperti halnya MCB 1 phasa, masing-masing input dan output dari MCB 3 phasa ini juga dihubungkan pada terminal hubung *banana plug* yang dilengkapi simbol *in* dan *out*.



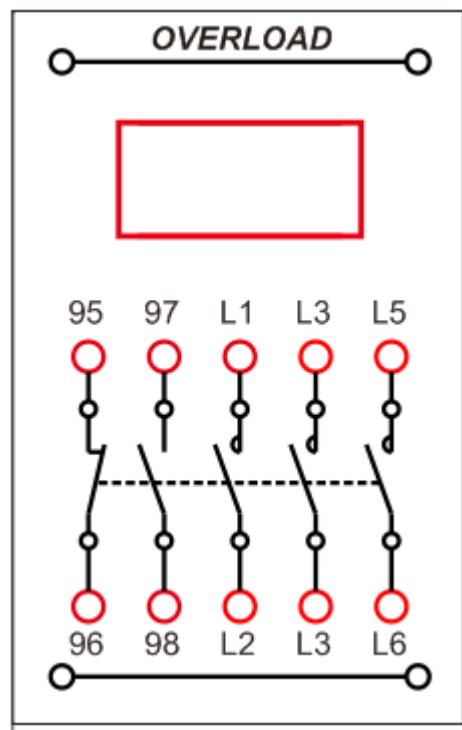
Gambar 11. Modul MCB 3 Phasa

c. Modul *Thermal Overload Relay*

Modul *thermal overload relay* adalah sebagai pengaman beban lebih pada rangkaian kendali motor baik 1 phasa maupun 3 phasa..

Modul *thermal overload relay* ini diletakkan pada sebuah *acrilic*

seperti pada gambar 3.4 di bawah ini. Semua kontak-kontak *thermal overload relay* tersebut di hubungkan pada terminal hubung banana plug yang dilengkapi dengan keterangan, simbol dan notasi angka-angka dari masing-masing kontak.



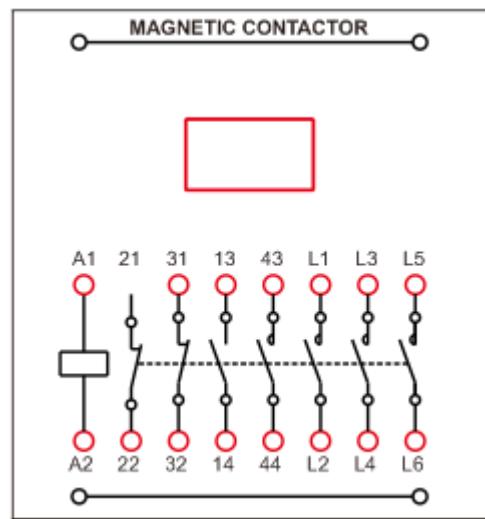
Gambar 12. Modul *Thermal Overload Relay*

#### d. Modul *Magnetic Contactor*

*Magnetic contactor* dalam trainer ini digunakan untuk simulasi beberapa rangkaian kendali motor. Sebuah *magnetic contactor* umumnya terdiri dari koil, 3 pole kontak utama dan beberapa kontak bantu tergantung tipe dari *magnetic contactor* tersebut. Dalam trainer ini perancang menggunakan *magnetic contactor* dengan tipe SN-21

yang terdiri dari 3 *pole* kontak utama dan 2 *pole* kontak bantu yang terdiri dari 1 NC dan 1 NO.

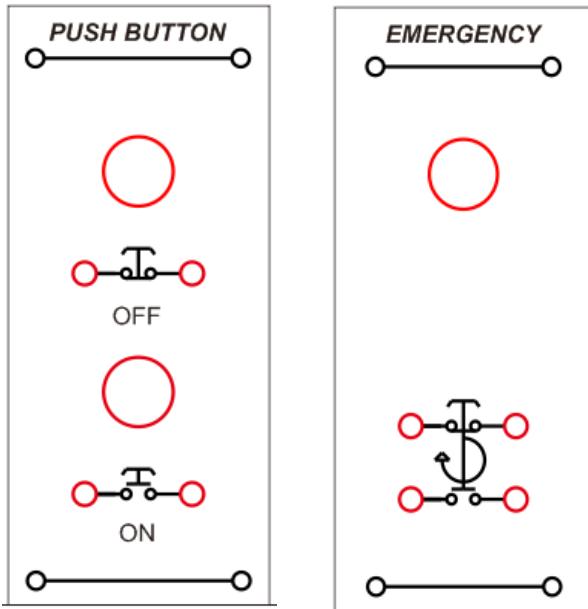
Semua kontak-kontak *magnetic contactor* tersebut di hubungkan pada terminal hubung banana plug yang dilengkapi dengan keterangan, simbol dan notasi angka-angka dari masing-masing kontak. Selain kontak-kontak pada *magnetic contactor* modul ini juga dilengkapi dengan lampu indikator yang berfungsi untuk mengetahui *magnetic contactor* tersebut dalam keadaan ON atau OFF.



Gambar 13. Modul Magnetic Contactor

#### e. Modul Push Button dan Emergency Switch

Modul *Push Button* dan *Emergency Switch* berfungsi sebagai saklar guna menyalakan beban yang akan disimulasikan. Tetapi untuk *Emergency Switch* ada fungsi tambahan yaitu sebagai pengaman jika terdeteksi adanya gangguan pada rangkaian, maka *Emergency Switch* dapat memutus rangkaian dari sumber listrik.

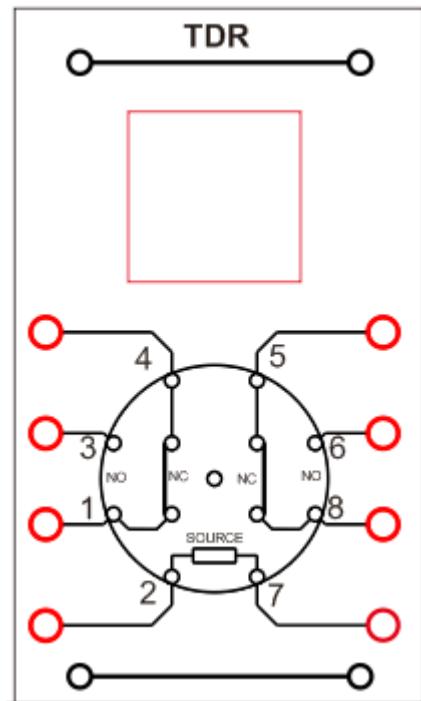


Gambar 14. Modul *Push Button* dan *Emergency Switch*

#### f. Modul *Time Delay Relay*

Modul *Time Delay Relay* berfungsi sebagai pengatur waktu bagi perlatan yang dikendalikannya. Sebuah *Time Delay relay* umumnya terdiri dari koil, dan beberapa kontak bantu tergantung tipe *Time Delay Relay* tersebut. Dalam trainer ini perancang menggunakan *Time Delay relay* dengan tipe Omron H3BA yang terdiri dari 4 *pole* kontak bantu yang terdiri dari 2 NC dan 2 NO.

Semua kontak-kontak *Time Delay relay* tersebut di hubungkan pada terminal hubung banana plug yang dilengkapi dengan keterangan, simbol dan notasi angka-angka dari masing-masing kontak.

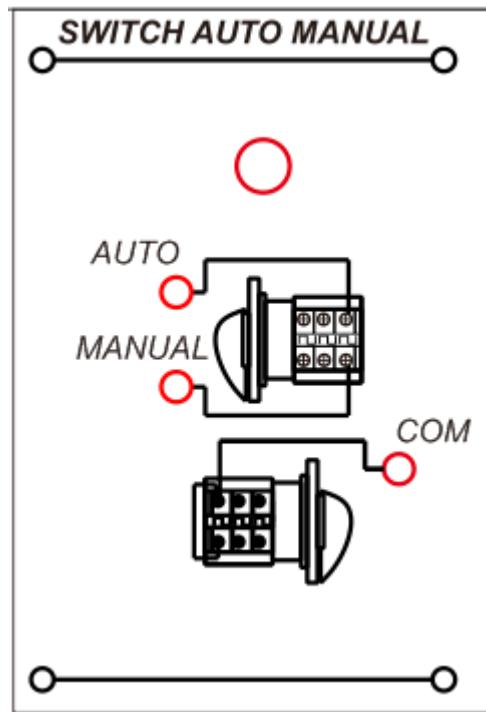


Gambar 15. Modul *Time Delay Relay*

## g. Modul *Switch Auto* Manual

Modul *Switch Auto Manual* berfungsi sebagai pemindah suplai listrik secara manual maupun otomatis. Sebuah *Switch Auto Manual* terdiri dari 3 kontak yaitu com,auto dan manual.

Semua kontak-kontak *Switch Auto Manual* tersebut di hubungkan pada terminal hubung banana plug yang dilengkapi dengan keterangan, simbol dari masing-masing kontak.



Gambar 16. Modul *Switch Auto Manual*

### C. Implementasi

Dengan terpenuhinya beberapa kebutuhan dan konsep perancangan yang telah diuraikan di atas maka Trainer Pengendali Motor Listrik AC 3 fasa ini diharapkan dapat mempermudah dalam memahami tentang pengendalian motor listrik ac 3 fasa.

Penggunaan konsep portable dengan simbol dan keterangan yang jelas dan mudah dipahami menjadikan trainer ini sangat layak digunakan sebagai trainer praktikum. Hal tersebut dikarenakan dengan konsep portable modul ini dapat dengan mudah dirangkai secara berulang-ulang dan dapat segera diperbaiki apabila terjadi kesalahan. Penggunaan koper sendiri mempunyai nilai lebih tersendiri karena dapat dengan mudah dibawa keman mana.

## D. Perencanaan Pengujian

### 1. Uji Teknis

Tujuan dilakukannya uji teknis adalah untuk mengetahui kondisi instalasi dan kinerja komponen dari masing-masing modul ini. Langkah-langkah yang dilakukan dalam uji teknis adalah sebagai berikut:

- a. Memeriksa instalasi yang terpasang pada Trainer Pengendali Motor Listrik AC 3 fasa.
- b. Memeriksa kinerja dari komponen-komponen yang terpasang pada Trainer Pengendali Motor Listrik AC 3 fasa.
- c. Melakukan pengukuran pada tiap-tiap komponen untuk mengetahui kondisi dan kerja komponen.

Rencana data pengujian dan kesimpulan dari hasil pengujian untuk uji teknis masing-masing modul pada Trainer Pengendali Motor Listrik AC 3 fasa dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 6. Data Pengujian Uji Teknis

| NO | NAMA MODUL                             | DATA PENGUJIAN |
|----|--|----------------|
| 1  | Modul MCB 1 fasa                       |                |
| 2  | Modul MCB 3 fasa                       |                |
| 3  | Modul Magnetic Contactor               |                |
| 4  | Modul Time Delay Relay                 |                |
| 5  | Modul Thermal Overload Relay           |                |
| 6  | Modul Push Button dan Emergency Switch |                |
| 7  | Modul Switch Auto Manual               |                |
| 8  | Modul pilot lamp                       |                |

Tabel 7. Kesimpulan Pengujian Uji Teknis

| NO | Nama Modul                             | Kondisi instalasi dan kinerja komponen |       |
|----|--|--|-------|
|    |  | BAIK                                   | RUSAK |
| 1  | Modul MCB 1 fasa                       |  |       |
| 2  | Modul MCB 3 fasa                       |  |       |
| 3  | Modul Magnetic Contactor               |  |       |
| 4  | Modul Time Delay Relay                 |  |       |
| 5  | Modul Thermal Overload Relay           |  |       |
| 6  | Modul Push Button dan Emergency Switch |  |       |
| 7  | Modul Switch Auto Manual               |  |       |
| 8  | Modul pilot lamp                       |  |       |

## 2. Uji Fungsi dan Unjuk Kerja

Tujuan pengujian adalah untuk mengetahui fungsi dan unjuk kerja dari trainer setelah masing-masing modul dirangkai sesuai petunjuk pada *manual book*.

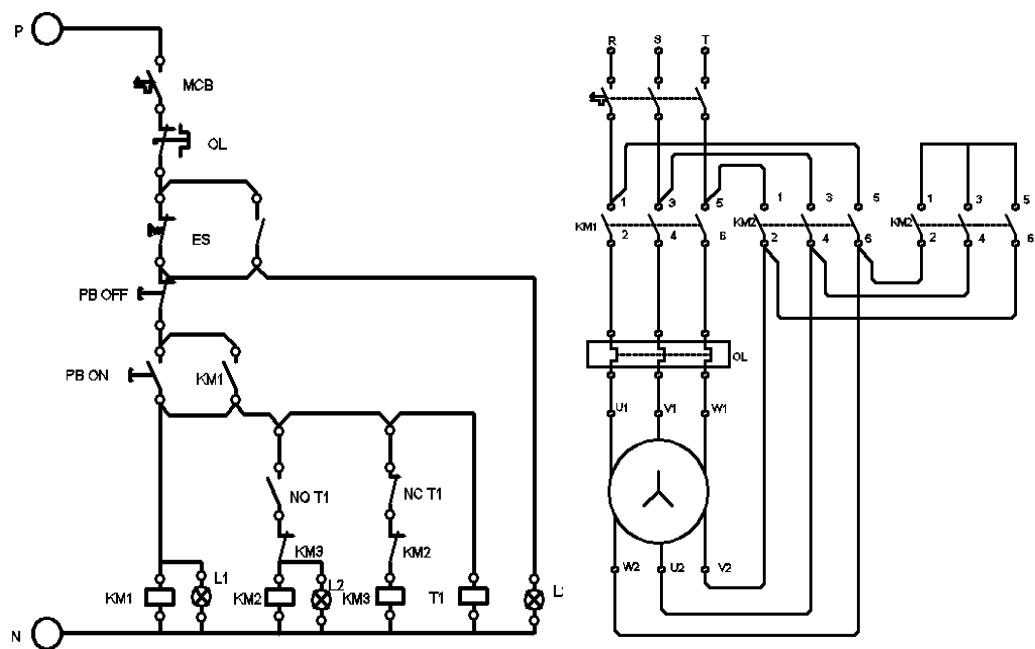
Alat-alat yang digunakan untuk proses pengujian antara lain:

1. Sumber tegangan 3 phasa.
2. Sumber tegangan 1 phasa.
3. Voltage Regulator.
4. Amperemeter.
5. Clamp meter.
6. Loading resistor.
7. Rheostat
8. Stopwatch.

9. Grounding.
10. Multimeter.
11. Kabel penghubung.

Adapun langkah-langkah sebelum proses pengujian adalah sebagai berikut.:

1. Merangkai dan menghubungkan masing-masing modul sesuai dengan gambar rangkaian menggunakan kabel penghubung.
  2. Setelah selesai merangkai maka langkah selanjutnya mengacu dengan tabel pengujian berikut ini:
- a) Pengujian dan Pengamatan Rangkaian Bintang Segitiga Otomatis



Gambar 17. Rangkaian Kendali dan Power Rangkaian Bintang Segitiga

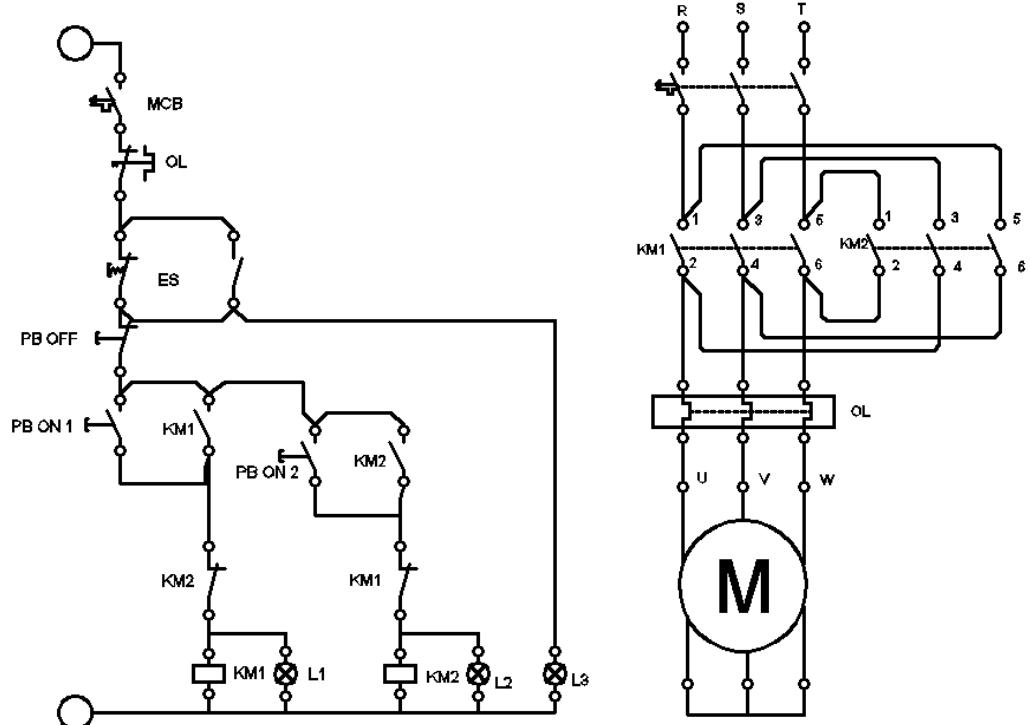
Tabel 8. Pengujian Rangkaian Bintang Segitiga Otomatis

| No | Arus Fasa | Arus Start (Is) | Arus Delta (Ir) |
|----|-----------|-----------------|-----------------|
| 1  | Ir        |                 |                 |
| 2  | Is        |                 |                 |
| 3  | It        |                 |                 |

Tabel 9. Proses Pengujian Keadaan *Emergency*

| Komponen                              | Kondisi      | Lampu Indikator <i>Emergency</i> |
|---------------------------------------|--------------|----------------------------------|
| <i>Thermal Overload Relay (NO,NC)</i> | <i>Close</i> |                                  |
|                                       | <i>Open</i>  |                                  |
| <i>Emergency Switch</i>               | <i>Up</i>    |                                  |
|                                       | <i>Push</i>  |                                  |

- b) Pengujian dan Pengamatan Rangkaian membalik arah putaran motor 3 fasa



Gambar 18. Rangkaian Kendali dan Power membalik arah putaran motor 3 fasa

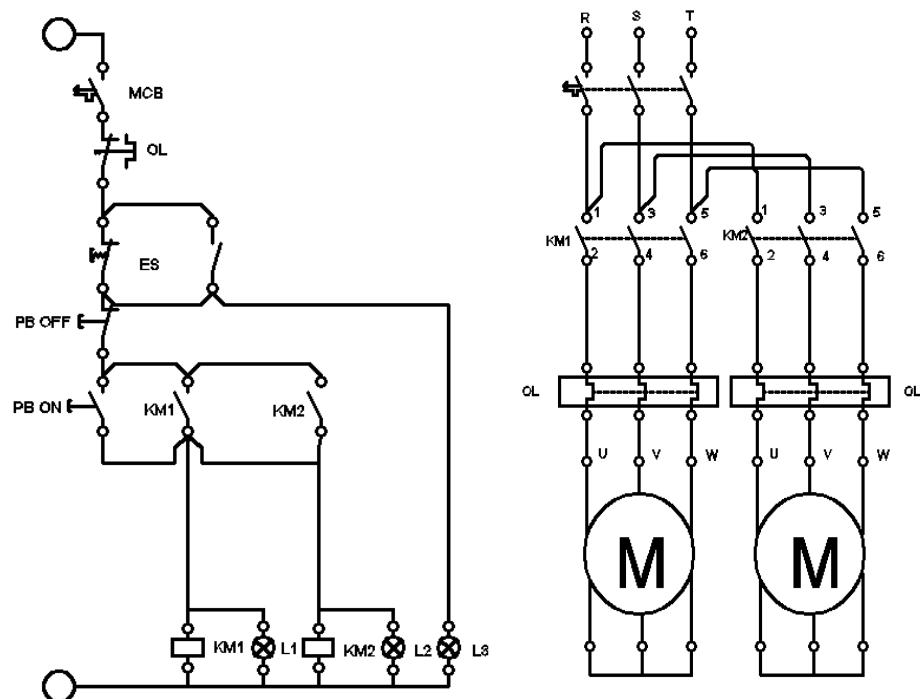
Tabel 10. Pengujian Rangkaian membalik arah putaran motor 3 fasa

| No | Push Button | Arah Putaran Motor |
|----|-------------|--------------------|
| 1  | ON 1        |                    |
| 2  | ON 2        |                    |
| 3  | OFF         |                    |

Tabel 11. Proses Pengujian Keadaan *Emergency*

| Komponen                              | Kondisi      | Lampu Indikator <i>Emergency</i> |
|---------------------------------------|--------------|----------------------------------|
| <i>Thermal Overload Relay (NO,NC)</i> | <i>Close</i> |                                  |
|                                       | <i>Open</i>  |                                  |
| <i>Emergency Switch</i>               | <i>Up</i>    |                                  |
|                                       | <i>Push</i>  |                                  |

- a) Pengujian dan Pengamatan Rangkaian menjalankan motor 3 fasa secara bersamaan.



Gambar 19. Rangkaian Kendali dan Power menjalankan motor 3 fasa secara bersamaan

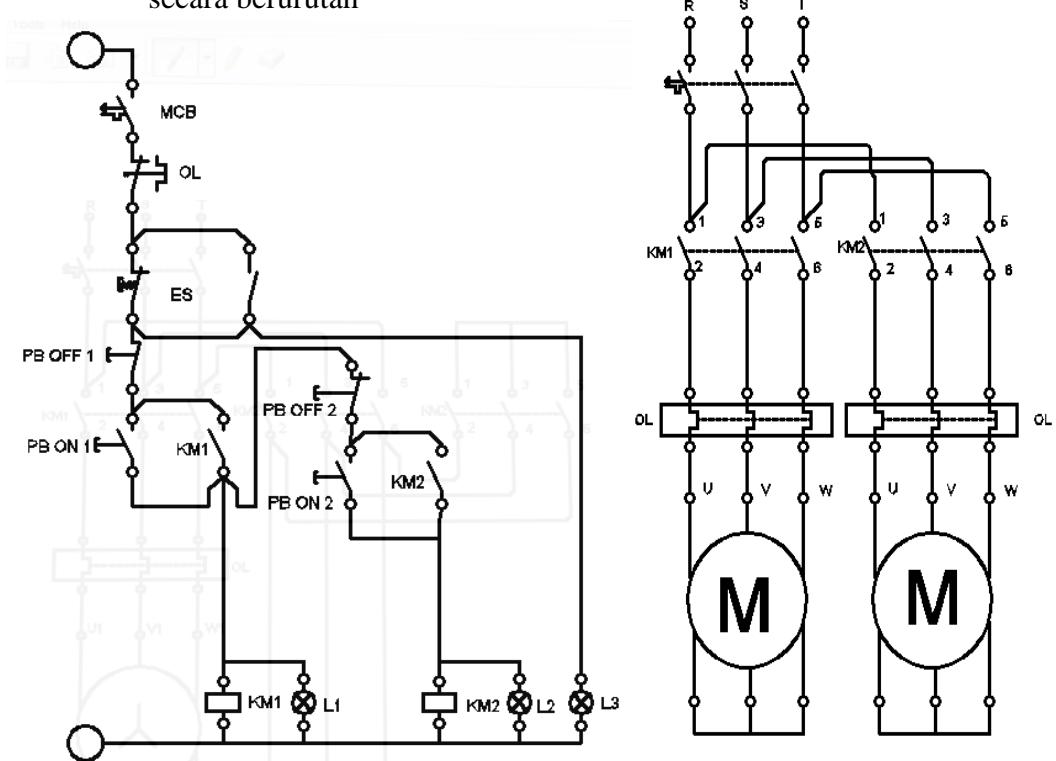
Table 12. Pengujian Rangkaian Rangkaian menjalankan motor 3 fasa secara bersamaan

| No | Push Button | Motor 1 | Motor 2 |
|----|-------------|---------|---------|
| 1  | ON          |         |         |
| 2  | OFF         |         |         |

Tabel 13. Proses Pengujian Keadaan *Emergency*

| Komponen                              | Kondisi      | Lampu Indikator <i>Emergency</i> |
|---------------------------------------|--------------|----------------------------------|
| <i>Thermal Overload Relay (NO,NC)</i> | <i>Close</i> |                                  |
|                                       | <i>Open</i>  |                                  |
| <i>Emergency Switch</i>               | <i>Up</i>    |                                  |
|                                       | <i>Push</i>  |                                  |

- b) Pengujian dan Pengamatan Rangkaian menjalankan motor 3 fasa secara berurutan



Gambar 20. Rangkaian Kendali dan Power menjalankan motor 3 fasa secara berurutan

Table 14. Pengujian Rangkaian Rangkaian menjalankan motor 3 fasa secara berurutan

| No | Push Button | Motor 1 | Motor 2 |
|----|-------------|---------|---------|
| 1  | ON 1        |         |         |
| 2  | ON 2        |         |         |
| 3  | OFF 1       |         |         |
| 4  | OFF 2       |         |         |

Tabel 15. Proses Pengujian Keadaan *Emergency*

| Komponen                              | Kondisi      | Lampu Indikator <i>Emergency</i> |
|---------------------------------------|--------------|----------------------------------|
| <i>Thermal Overload Relay (NO,NC)</i> | <i>Close</i> |                                  |
|                                       | <i>Open</i>  |                                  |
| <i>Emergency Switch</i>               | <i>Up</i>    |                                  |
|                                       | <i>Push</i>  |                                  |

## **BAB IV**

### **PROSES PENGUJIAN, HASIL, DAN PEMBAHASAN**

#### **A. Pengujian**

Tujuan pengambilan data adalah untuk mengetahui tingkat kelayakan trainer pengendali motor listrik AC 3 fasa ini sebagai modul praktikum dilihat dari segi teknis, fungsi dan unjuk kerja, serta tingkat kelayakan dari segi ergonomis dalam penggunaan. Pengujian dan pengambilan data yang dilakukan di sini meliputi pengujian teknis alat, pengujian fungsi dan unjuk kerja, serta pengujian tingkat kelayakan alat.

##### **1. Uji Teknis**

###### **a. Tempat Pengambilan Data**

Pengambilan data dilakukan di Bengkel Instalasi Listrik dan Laboratorium LICES Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta.

###### **b. Alat dan Bahan**

Alat dan bahan yang digunakan dalam uji teknis unit trainer pengendali motor listrik AC 3 fasa ini adalah sebagai berikut:

- a) Multimeter.
- b) Kabel penghubung.

###### **c. Proses dan hasil Pengujian**

Proses pengujian dilakukan dengan cara mengamati, memeriksa dan menguji kinerja setiap komponen yang digunakan pada masing-

masing modul. Adapun proses dan data hasil pengujian yang dilakukan pada masing-masing modul adalah sebagai berikut :

Tabel 16. Data Hasil Pengujian Uji Teknis

| No | Nama Modul                          | Data Pengujian   |
|----|-------------------------------------|--|
| 1  | Modul MCB 1 Phasa                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tuas MCB di naikkan kemudian Input dan output MCB di hubungkan ke multimeter yang telah disetting pada ohm meter jarum multimeter menunjuk ke angka nol, pada saat tuas MCB diturunkan jarum multimeter kembali ke posisi semula</li> </ul>                                   |
| 2  | Modul MCB 3 Phasa                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Seperti pada MCB 1 phasa, tuas MCB dinaikkan kemudian Input dan output MCB di hubungkan ke multimeter yang telah disetting pada ohm meter jarum multimeter menunjuk ke angka nol , pada saat tuas MCB diturunkan jarum multimeter kembali ke posisi semula</li> </ul>         |
| 3  | Modul <i>Thermal Overload Relay</i> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dalam keadaan OFF kontak-kontak NC nya tertutup sedangkan kontak-kontak NO nya terbuka</li> <li>- Dalam keadaan ON kontak-kontak NC nya terbuka sedangkan kontak-kontak NO nya tertutup</li> <li>- Dalam keadaan ON jika ditekan tombol Test maka akan menjadi OFF</li> </ul> |

|   |   |   |
|---|---|---|
| 4 | Modul <i>Magnetic Contactor</i>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- MC dalam keadaan OFF kontak-kontak NC nya tertutup sedangkan kontak-kontak NO nya terbuka</li> <li>- MC dalam keadaan ON kontak-kontak NC nya terbuka sedangkan kontak-kontak NO nya tertutup</li> </ul>   |
| 5 | Modul <i>Time Delay Relay</i>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- TDR dalam keadaan OFF kontak-kontak NC nya tertutup sedangkan kontak-kontak NO nya terbuka</li> <li>- TDR dalam keadaan ON kontak-kontak NC nya terbuka sedangkan kontak-kontak NO nya tertutup</li> </ul>   |
| 6 | Modul <i>Indicator Lamp</i>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lampu indikator dihubungkan ke sumber tegangan 220 V AC, ketiga lampu dapat menyala dengan baik</li> </ul>   |
| 7 | Modul <i>Push Button dan Emergency Switch</i> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pengujian dilakukan menggunakan multimeter, <i>push button</i> “OFF” maka “NC” tertutup jarum multimeter menyimpang bila ditekan kontaknya “NO” terbuka jarum multimeter tidak menyimpang.</li> <li>- <i>Push button</i> “ON” maka kontak NO terbuka jarum multimeter tidak menyimpang bila ditekan kontaknya NC tertutup jarum multimeter menyimpang.</li> <li>- <i>Emergency Switch</i> pada posisi normal kontak 1 tertutup maka NC sedangkan kontak 2 terbuka maka NO, jika ditekan maka kontak 1 terbuka maka NO sedangkan</li> </ul> |

|   |                                 |  |
|---|---------------------------------|--|
|   |                                 | kontak 2 tertutup maka NC  |
| 8 | Modul <i>Switch Auto Manual</i> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pengujian dilakukan menggunakan multimeter, <i>Switch Auto Manual</i> pada posisi <i>Manual</i> maka jarum multimeter menyimpang kemudian posisi <i>Switch Auto Manual</i> pada posisi <i>Auto</i> jarum multimeter menyimpang.</li> <li>-</li> </ul> |

Dengan melihat data dari hasil pengujian di atas, maka dapat disimpulkan bahwa kondisi instalasi dan kinerja komponen masing-masing modul pada trainer pengendali motor listrik AC 3 fasa ini adalah sebagai berikut:

Tabel 17. Kesimpulan Pengujian Uji Teknis

| No | Nama Modul   | Kondisi instalasi dan kinerja komponen |       |
|----|--|--|-------|
|    |  | BAIK                                   | RUSAK |
| 1  | Modul MCB 1 Phasa                                    | √                                      |       |
| 2  | Modul MCB 3 Phasa                                    | √                                      |       |
| 3  | Modul <i>Thermal Overload Relay</i>                  | √                                      |       |
| 4  | Modul <i>Magnetic Contactor</i>                      | √                                      |       |
| 5  | Modul <i>Lamp Indicator</i>                          | √                                      |       |
| 6  | Modul <i>Push Button</i> dan <i>Emergency Switch</i> | √                                      |       |
| 7  | Modul <i>Time Delay Relay</i>                        | √                                      |       |
| 8  | Modul <i>Switch Auto Manual</i>                      | √                                      |       |

## 2. Pengujian fungsi dan unjuk kerja

### a. Tempat Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan di Bengkel Instalasi Listrik dan Laboratorium LICES Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta.

### b. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan untuk proses pengujian antara lain:

- a) Sumber tegangan 3 phasa.
- b) Sumber tegangan 1 phasa.
- c) Voltage Regulator.
- d) Amperemeter.
- e) Clamp meter.
- f) Loading resistor.
- g) Rheostat
- h) Stopwatch.
- i) Grounding.
- j) Multimeter
- k) Kabel penghubung

Adapun langkah-langkah sebelum proses pengujian adalah sebagai berikut:

1. Merangkai dan menghubungkan masing-masing modul sesuai dengan gambar rangkaian menggunakan kabel penghubung.

- Setelah selesai merangkai maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian.

Adapun hasil pengujian unit Trainer Pengendali Motor Listrik AC 3 Fasa yang telah dilakukan di Bengkel Instalasi Listrik Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta adalah sebagai berikut:

Pengujian ini dilakukan dengan cara merangkai sesuai dengan gambar yang ada di jobsheet praktik instalasi industri. Berikut hasil pengujian dengan gambar rangkain yang sudah ada di jobsheet.

- Pengujian dan Pengamatan Rangkaian Bintang Segitiga Otomatis

Tabel 18. Hasil pengujian Rangkaian Bintang Segitiga Otomatis

| No | Arus Fasa | Arus Start (Is)<br>(Ampere) | Arus Delta (Ir)<br>(Ampere) |
|----|-----------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1  | Ir        | 1,2                         | 7,2                         |
| 2  | Is        | 1,2                         | 7,2                         |
| 3  | It        | 1,2                         | 7,2                         |

Tabel 19. Proses Pengujian Keadaan *Emergency*

| Komponen                              | Kondisi      | Lampu Indikator<br><i>Emergency</i> |
|---------------------------------------|--------------|-------------------------------------|
| <i>Thermal Overload Relay (NO,NC)</i> | <i>Close</i> | Mati                                |
|                                       | <i>Open</i>  | Hidup                               |
| <i>Emergency Switch</i>               | <i>Up</i>    | Mati                                |
|                                       | <i>Push</i>  | Hidup                               |

- Pengujian dan Pengamatan Rangkaian membalik arah putaran motor 3 fasa.

Table 20. Hasil pengujian Rangkaian membalik arah putaran

| No | Push Button | Arah Putaran Motor |
|----|-------------|--------------------|
| 1  | ON 1        | Kanan              |
| 2  | ON 2        | Kiri               |
| 3  | OFF         | Berhenti           |

Tabel 21. Proses Pengujian Keadaan *Emergency*

| Komponen                              | Kondisi      | Lampu Indikator <i>Emergency</i> |
|---------------------------------------|--------------|----------------------------------|
| <i>Thermal Overload Relay (NO,NC)</i> | <i>Close</i> | Mati                             |
|                                       | <i>Open</i>  | Hidup                            |
| <i>Emergency Switch</i>               | <i>Up</i>    | Mati                             |
|                                       | <i>Push</i>  | Hidup                            |

- c) Pengujian dan Pengamatan Rangkaian menjalankan motor 3 fasa secara bersamaan

Table 22. Hasil pengujian Rangkaian menjalankan motor 3 fasa secara bersamaan

| No | Posisi Push Button | Motor 1  | Motor 2  |
|----|--------------------|----------|----------|
| 1  | ON                 | Bekerja  | Bekerja  |
| 2  | OFF                | Berhenti | Berhenti |

Tabel 23. Proses Pengujian Keadaan *Emergency*

| Komponen                              | Kondisi      | Lampu Indikator <i>Emergency</i> |
|---------------------------------------|--------------|----------------------------------|
| <i>Thermal Overload Relay (NO,NC)</i> | <i>Close</i> | Mati                             |
|                                       | <i>Open</i>  | Hidup                            |
| <i>Emergency Switch</i>               | <i>Up</i>    | Mati                             |
|                                       | <i>Push</i>  | Hidup                            |

- d) Pengujian dan Pengamatan Rangkaian menjalankan motor 3 fasa secara berurutan

Table 24. Hasil pengujian Rangkaian menjalankan motor 3 fasa secara berurutan

| No | Posisi Push Button | Motor 1  | Motor 2  |
|----|--------------------|----------|----------|
| 1  | ON 1               | Bekerja  | Mati     |
| 2  | ON 2               | Bekerja  | Bekerja  |
| 3  | OFF 1              | Bekerja  | Berhenti |
| 4  | OFF 2              | Berhenti | Berhenti |

Tabel 25. Proses Pengujian Keadaan *Emergency*

| Komponen                              | Kondisi      | Lampu Indikator <i>Emergency</i> |
|---------------------------------------|--------------|----------------------------------|
| <i>Thermal Overload Relay (NO,NC)</i> | <i>Close</i> | Mati                             |
|                                       | <i>Open</i>  | Hidup                            |
| <i>Emergency Switch</i>               | <i>Up</i>    | Mati                             |
|                                       | <i>Push</i>  | Hidup                            |

## B. Pembahasan

### 1. Pembahasan Uji Teknis

Untuk menguji kemampuan teknis Modul Praktikum Pengendali Motor 3 Phase ini maka dilakukan pengujian tiap-tiap modul. Pengujian tersebut meliputi pengujian kualitas instalasi dan kinerja komponen tiap-tiap modul. Ada beberapa cara yang dilakukan dalam pengujian yaitu diantaranya dengan memeriksa kondisi instalasi menggunakan multimeter untuk memastikan antar komponen pada tiap-tiap modul tersebut telah benar-benar terhubung dengan baik. Cara kedua yaitu dengan menguji fungsi dan kinerja dari masing-masing komponen pada tiap-tiap modul. Pembahasan dari pengujian tiap-tiap modul tersebut adalah sebagai berikut:

a. Modul MCB 1 fasa

Modul MCB 1 phasa ini diuji dengan cara menghubungkan *input* dan *output* MCB dengan multimeter yang telah di setting pada posisi ohm meter kemudian meng-ON kan nya dengan cara menarik tuas dari MCB tersebut. Apabila dalam keadaan ON maka terminal input dan output dari MCB harus dalam keadaan terhubung sedangkan pada saat OFF input dan output MCB harus terbuka. Setelah dilakukan pengujian, modul MCB 1 fasa ini semuanya dinyatakan dalam kondisi baik.

b. Modul MCB 3 fasa

Modul MCB 3 fasa ini proses pengujianya hampir sama dengan MCB 1 phasa, namun bedanya input dan output dari MCB 3 fasa ini masing-masing berjumlah 3 buah yaitu phasa R, S dan T. Setelah melalui proses pengujian kondisi ketiga buah modul MCB 3 fasa dalam trainer ini dinyatakan baik.

c. Modul *Thermal Overload Relay*

Pengujian dilakukan dengan menggunakan multimeter antara terminal *output* pada modul *thermal overload relay* dengan masing-masing *banana plug*. Pengujian ini disimpulkan bahwa semua *output* telah terhubung ke masing-masing *banana plug* dan terminal hubung.

d. Modul *Magnetic Contactor*

Proses pengujian yang dilakukan pada modul *Magnetic Contactor* yaitu saat *magnetic contactor* pada kondisi ON maupun dalam keadaan OFF. Namun untuk menjadikan kondisi ON sebuah MC harus disuplai sebesar 220 V AC pada koilnya. Selanjutnya dilakukan pengecekan kondisi kontak-kontak dari MC tersebut baik kontak NO dan NC nya. Setelah proses pengujian modul *Magnetic Contactor* dinyatakan dalam kondisi baik.

e. Modul *Time Delay Relay*

Proses pengujian yang dilakukan pada modul *Time Delay Relay* yaitu saat *Time Delay Relay* pada kondisi ON maupun dalam keadaan OFF. Namun untuk menjadikan kondisi ON sebuah TDR harus disuplai sebesar 220 V AC pada koilnya. Selanjutnya dilakukan pengecekan kondisi kontak-kontak dari TDR tersebut baik kontak NO dan NC nya. Setelah proses pengujian modul *Magnetic Contactor* dinyatakan dalam kondisi baik.

f. Modul *Lamp Indicator*

Proses pengujian modul lampu indikator dilakukan dengan cara menghubungkannya ke sumber tegangan. Hasilnya semua lampu indikator dapat menyala dengan baik.

g. Modul *Push Button* dan *Emergency Switch*

- 1) Pada *push button* hijau (NO), pinnya dihubungkan dengan multimeter yang telah disetting pada ohm meter, jarum multimeter

tidak bergerak, sebaliknya saat *push button* ditekan jarum multimeter menyimpang dan menunjuk ke angka nol.

- 2) Pada *push button* merah (OFF), pinnya dihubungkan dengan multimeter yang telah disetting pada ohm meter, jarum multimeter menyimpang dan menunjuk ke angka nol, sebaliknya saat *push button* ditekan jarum multimeter tidak bergerak.
- 3) Pada *Emergency switch* terdapat 3 pin, pada kondisi *switch* diputar, pin *input* dan pin *output* 1 (OFF) dihubungkan dengan multimeter yang telah disetting pada ohm meter, jarum multimeter menyimpang dan menunjuk angka nol, sedangkan jika pin *input* dan pin *output* 2 (ON) dihubungkan dengan multimeter yang telah disetting pada ohm meter, jarum multimeter tidak bergerak. Kemudian pada kondisi *switch* ditekan maka yang terjadi sebaliknya. Pin *input* dan pin *output* 1 (OFF) jarum multimeter tidak bergerak, pin *input* dan pin *output* 2 (ON) jarum multimeter bergerak.

#### h. Modul *Switch Auto Manual*

Pengujian Pada *Switch Auto Manual* terdapat 3 pin, pada kondisi *switch* diputar,pada pin *input* 1 (*Manual*) dihubungkan dengan multimeter yang telah disetting pada ohm meter, jarum multimeter menyimpang dan menunjuk angka nol, kemudian kondisi *switch* diputar pada pin 2 (*Auto*) dihubungkan dengan multimeter yang telah disetting pada ohm meter, jarum multimeter menyimpang.

## 2. Pembahasan Uji fungsi dan Unjuk kerja

Pada proses pengujian uji fungsi dan unjuk kerja terdapat beberapa pengujian. Pengujian tersebut antara lain pengujian Rangkaian Bintang Segitiga Otomatis untuk mengetahui bagaimana cara merangkai bintang segita secara otomatis dengan baik dan benar, pengujian Rangkaian membalik arah putaran motor 3 fasa untuk mengetahui cara membalik arah putaran motor yang 3 fasa baik dan benar.

Proses pengujian diawali dengan merangkai seluruh komponen sesuai dengan gambar rangkaian kemudian menghubungkannya dengan sumber tegangan. Alat ukur yang digunakan menyesuaikan dengan tabel pengamatan.

Proses pengujian adalah merangkai semua gambar yang sudah ada dijobsheet. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan modul praktikum ini dapat menjalankannya dengan baik.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan uraian pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Trainer Pengendali Motor Listrik AC 3 Fasa ini dirancang dengan konsep *portable* dan dikemas didalam koper sehingga mudah digunakan dan lebih efektif sebagai modul praktikum. semua kontak atau terminal dari trainer ini dihubungkan pada *banana plug*, sehingga dapat dirangkai secara berulang-ulang sesuai variasi rangkaian yang diinginkan. Cara merangkai atau menghubungkan *output* dari komponen-komponen trainer ini menggunakan kabel penghubung (*jumper*)
2. Layout Trainer Pengendali Motor Listrik AC 3 Fasa ini terdiri dari beberapa komponen-komponen antara lain *Magnetic Contactor (MC)*, *Miniature Circuit Breaker (MCB)*, *Push Button*, *Emergency Switch*, *Thermal Overload Relay (TOLR)*, *Time Delay Relay*, *Switch Auto Manual*, *Lamp Indicator*.
3. Pengujian unjuk kerja meliputi pengecekan dari semua komponen-komponen dan semuanya disimpulkan dalam kondisi baik dan dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Pengujian unjuk fungsi dilakukan dengan merangkai sesuai dengan rangkaian yang ada dijobsheet praktikum dan semua rangkainnya berjalan baik di trainer ini.

## B. Keterbatasan

Beberapa keterbatasan dari trainer Trainer Pengendali Motor Listrik AC 3 Fasa ini adalah sebagai berikut:

1. Tidak terdapatnya komponen *Programmable Logic Control* (PLC)
2. Beberapa pengujian seperti test hubung singkat (*short circuit*) pada MCB belum bisa dilakukan karena alat ukur dan kelengkapan tes belum tersedia.
3. Trainer Pengendali Motor Listrik AC 3 Fasa ini belum dilengkapi proteksi *under upper voltage*, *under upper frekuensi*, *unbalance load* yang umumnya banyak digunakan di industri.

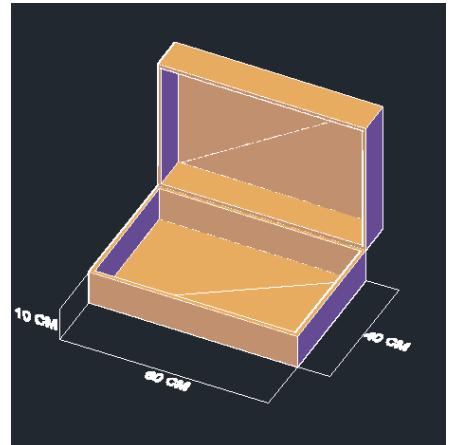
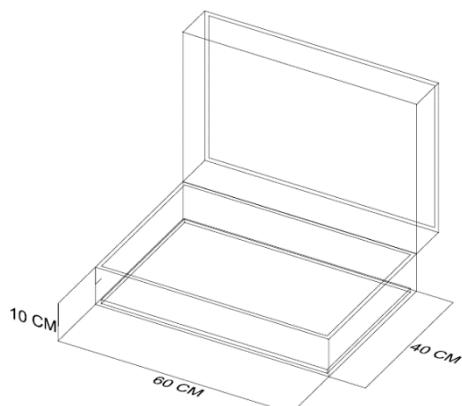
## C. Saran

1. Diperlukan komponen *Programmable Logic Control* yang banyak digunakan di industri.
2. Diperlukan beberapa peralatan tambahan seperti injeksi arus yang dilengkapi indikator waktu untuk melihat karakteristik proteksi hubung singkat (*short circuit*) pada pengaman MCB.
3. Diperlukan beberapa fitur tambahan untuk melengkapi fasilitas proteksi yang ada pada trainer ini antara lain proteksi tegangan lebih/kurang (*under upper voltage*), frekuensi lebih/kurang (*under upper frekuensi*) dan proteksi ketidakseimbangan beban (*unbalance load*), sehingga diharapkan trainer ini mencakup semua sistem proteksi baik 1 fasa maupun 3 fasa.

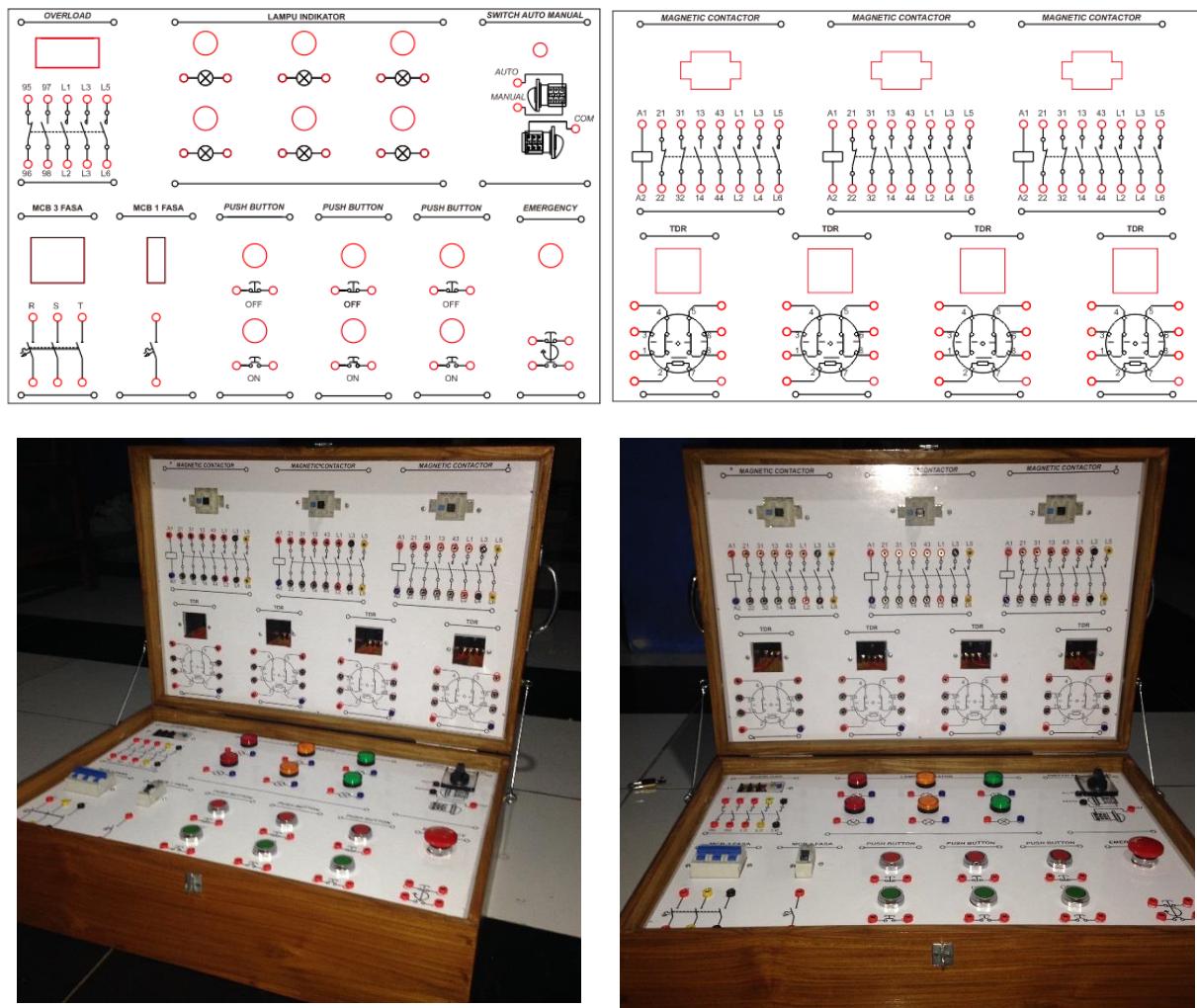
## DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, Ilham. 2010. Pengembangan Bahan Ajar. Bahan Kuliah Online Direktur UPI. Bandung
- Borg, W. R. & Gall, M. D. (1983). Educational Research. An Inroduction. White Plain, New York: Longman, Inc.
- IEEE Committee. (1975). *Graphic Symbols for Electrical and Electronics Diagrams*. IEEE. New York.
- Petruzella, Frank D. 2001. *Elektronik Industri*. Diterjemahkan oleh Drs Sumanto, MA. Yogyakarta: ANDI
- Subardjono (1990). *Mechanical Enginering*. Jakarta : PT Bumi Perkasa.
- Tim Fakultas Teknik UNY. (2003). *Teknik Gambar Listrik*. UNY. Yogyakarta
- Tim Revisi PUIL. (2000). *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000*. BSN. Jakarta
- Wibowo. 1998. Modul Praktik SMK, Yogyakarta : Gramedia.
- Winkel. 2009. *Psikologi Pengajaran*. Yogyakarta : Media Abadi.
- [www.direktorilistrik.blogspot.com/](http://www.direktorilistrik.blogspot.com/) (diakses tanggal 21 Juni 2015)
- [www.parts.digikey.com](http://www.parts.digikey.com) (diakses tanggal 20 Maret 2016)
- [www.repository.upi.edu](http://www.repository.upi.edu) (diakses tanggal 23 Maret 2016)
- [www.staff.uny.ac.id/sites/default/files/pendidikan/dr-djoko-laras-budiyo-taruno/materi-instalasi-listrik.pdf](http://www.staff.uny.ac.id/sites/default/files/pendidikan/dr-djoko-laras-budiyo-taruno/materi-instalasi-listrik.pdf) (diakses tanggal 21 Juni 2015)
- [www.electronicrepairguide.com](http://www.electronicrepairguide.com) (diakses tanggal 20 Maret 2016)
- [www.engineeringtoolbox.com/nema-insulation-classes-d\\_734.html](http://www.engineeringtoolbox.com/nema-insulation-classes-d_734.html) (diakses tanggal 21 Juli 2016)

1. Lampiran 1. Box Pengendali Motor Listrik AC 3 Fasa



## 2. Lampiran 2. Susunan Modul pada Box Pengendali Motor Listrik AC 3 Fasa



### 3. Dokumentasi Pembuatan Alat

