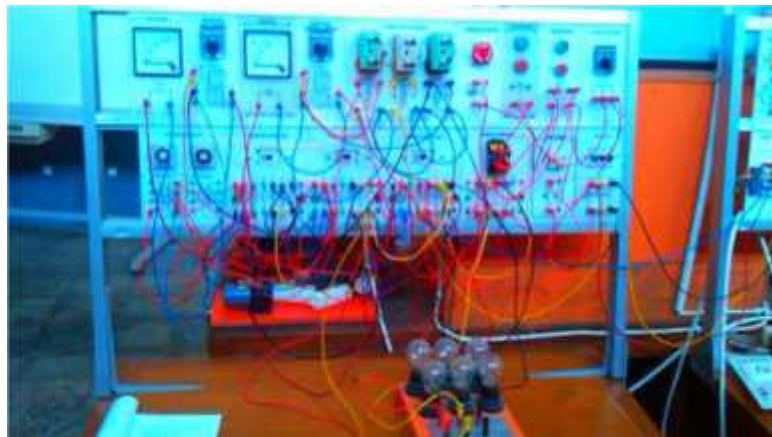




**PENGEMBANGAN UNIT MODUL TRAINER
PRAKTIK INSTALASI LISTRIK INDUSTRI**

PROYEK AKHIR

**Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
Untuk Memenuhi Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya**



Oleh :

Teguh Santoso

12506134041

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO D3
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2015**

LEMBAR PERSETUJUAN

PROYEK AKHIR

PENGEMBANGAN UNIT MODUL TRAINER PRAKTIK INSTALASI

LISTRIK INDUSTRI

Oleh:

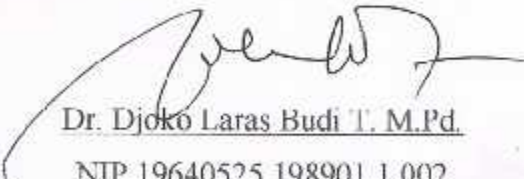
Teguh Santoso

12506134041

Telah diperiksa dan disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk diujikan.

Yogyakarta, 10 Oktober 2015

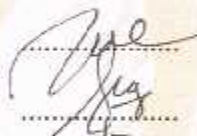
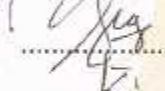
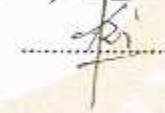
Dosen Pembimbing,


Dr. Djoko Laras Budi T. M.Pd.
NIP.19640525 198901 1 002

PENGESAHAN

Proyek akhir yang berjudul “PENGEMBANGAN UNIT MODUL TRAINER PRAKTIK INSTALASI LISTRIK INDUSTRI” ini telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada tanggal 16 Oktober 2015 dan dinyatakan lulus.

DEWAN PENGUJI

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Dr. Djoko Laras B.T.	Ketua Penguji		23-10-2015
Sigit Yatmono, M.T.	Sekretaris Penguji		23-10-17
Drs. Sukir, M.T.	Penguji		23-10-2015

Yogyakarta, 28 Oktober 2015

Fakultas Teknik

Universitas Negeri Yogyakarta

Dekan,



Dr. Moch. Bruri Triyono, M.Pd.

NIP. 19560216 198603 1 003

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Teguh Santoso

NIM : 1250134041

Prodi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Judul Proyek Akhir : Pengembangan Unit Modul Trainer Praktik Instalasi
Listrik Industri

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Proyek Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya atau gelar lainnya di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 10 Oktober 2015

Penulis



Teguh Santoso
NIM.12506134041

MOTTO

“Hari ini harus lebih baik dari kemarin dan hari esok harus lebih baik dari hari ini”

“Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi (pula) kamu menyukai sesuatu, padahal ia amat buruk bagimu, Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui”

(Q.S. Al-Baqarah 216)

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain”

(Q.S. Al-Insyirah 6-7)

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT, dan dengan kerendahan hati karya ini kupersembahkan kepada:

- *Kedua orangtuaku yang telah mencurahkan kasih sayangnya, memberikan banyak dukungan serta doa untuk kesehatan dan keselamtanku.*
- *Kakak-kakakku yang telah banyak mendo'akan terselesaikannya Tugas akhir tersebut.*
- *Teman-teman sekaligus keluarga baruku kelas B dan C angkatan 2012 yang telah memberikan bantuan dan semangat.*
- *Almamaterku Universitas Negeri Yogyakarta.*
- *Teman-teman kost sendowo F-139 yang telah memberikan masukan dan saran.*
- *PC ku yang selalu menemaniku saat duka maupun suka dan juga Motor kuningku yang rela panas maupun hujan saya kendarai.*
- *Jazakumullah khairan katshhiran, semoga Allah memberikan kalian semua kebaikan yang banyak.*

PENGEMBANGAN UNIT MODUL TRAINER PRAKTIK INSTALASI LISTRIK INDUSTRI

Oleh:
Teguh Santoso
NIM. 12506134041

ABSTRAK

Tujuan dari pembuatan proyek akhir ini adalah untuk mengetahui rancang bangun dari pembuatan unit modul trainer praktik instalasi listrik industri. Modul praktik ini diharapkan dapat menunjang proses pembelajaran khususnya untuk memahami prinsip kerja dan fungsi dari sebuah instalasi listrik motor listrik di industri.

Modul trainer ini dirancang dengan menggunakan konsep modular yaitu masing-masing komponen dibuat secara terpisah, dilengkapi dengan nama komponen, simbol serta keterangan tentang komponen sehingga dapat dengan mudah dalam penggunaan, perawatan dan yang utama adalah dapat mempermudah pemahaman dari konsep instalasi motor induksi 3 phase. Proses perancangan dan pembuatan trainer ini melalui beberapa tahapan yaitu tahap pengumpulan materi dan informasi, perancangan modul masing-masing komponen, perancangan *frame sliding* dan box penyimpanan, pembuatan alat, pengujian alat dan terakhir penulisan laporan tugas akhir. Waktu pembuatan alat mulai dari bulan Juli sampai September 2015. Tempat pembuatan modul yaitu dilakukan di Bengkel Instalasi Listrik Jurusan Pendidikan Teknik Elektro UNY. Uji ergonomi dilakukan dengan acuan aspek (1) aspek estetika (2) aspek ergonomis (3) aspek keamanan, kesehatan dan keselamatan (4) aspek penggunaan. Hasil dari angket yang telah diisi oleh responden kemudian dihitung presentase tingkat ergonominya.

Hasil dari pembuatan proyek akhir ini yaitu dihasilkan sebuah trainer instalasi listrik industri yang dirancang dengan konsep modular. Layout dari unit modul ini dirancang menggunakan *banana plug*. Berdasarkan hasil pengujian dari segi teknis dan unjuk kerja yang meliputi mode manual dan otomatis berfungsi sebagaimana mestinya sesuai dengan petunjuk pemakaian trainer instalasi listrik industri. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa desain trainer instalasi listrik industri ini dinyatakan ergonomis dengan presentase kelayakan sebesar 80.52 %.

Kata kunci : *Trainer, Media pembelajaran, Instalasi listrik industri, Motor Listrik*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, Tuhan yang menciptakan langit dan bumi beserta isinya. Tidak ada daya dan upaya melainkan atas segala kehendak-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Proyek Akhir beserta laporan Proyek Akhir.

Penulis sadar tanpa bantuan berbagai pihak, Proyek Akhir ini tidak akan terlaksana dengan baik. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis dengan ketulusan hati mengucapkan terima kasih atas dukungan, bimbingan dan bantuannya baik secara moril maupun materil kepada :

1. Bapak Dr. Moch. Bruri Triyono, M.Pd, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
2. Bapak Drs. Ketut Ima Ismara, M.Pd, M.Kes. selaku Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta.
3. Bapak Rustam Asnawi, Phd. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta sekaligus Dosen Pembimbing Proyek Akhir.
4. Bapak Muhammad Ali, M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
5. Bapak Dr. Djoko Laras Budi Taruno, M.Pd. selaku Dosen Pembimbing Proyek Akhir.
6. Bapak Mashuri Ihsan selaku teknisi bengkel instalasi listrik UNY.
7. Bapak dan Ibu dosen, serta teknisi di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro.
8. Bapak, Ibu, dan kakak-kakakku terima kasih atas semua do'a, dukungan

dan saran yang selalu diberikan.

9. Teman-teman kelas B dan C angkatan 2012 yang selalu memberikan semangat dan canda tawa.
10. Semua pihak yang telah banyak memberikan bantuan atas terselesaikannya proyek akhir ini.

Kepada semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, atas segala bantuan dan partisipasinya dalam penyusunan Proyek akhir diucapkan terima kasih. Penulis menyadari laporan ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna, maka dari itu penulis membutuhkan kritik dan saran yang sifatnya membangun demi kelancaran dan kesempurnaan laporan ini.

Akhir kata penulis berharap laporan ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya pada dunia Industri demi kemajuan bersama.

Yogyakarta, 10 Oktober 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
HALAMAN MOTTO.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
ABSTRAK.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xx

BAB I. PENDAHULUAN

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

BAB II. PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

A. Trainer (Media Pembelajaran)	6
1. Pengertian Trainer (Media Pembelajaran).	6
2. Kegunaan dan Fungsi Media Pembelajaran.....	7
3. Bentuk Media Pembelajaran.	7
B. Ergonomi.....	8

C. Motor Induksi 3 Phase.....	12
D. Starting Motor Induksi 3 Phase.....	15
1. Starting Langsung (<i>Direct On Line</i>)	16
2. <i>Starting Star-Delta</i> (Y-).....	16
E. Membalik Putaran Motor	19
F. Komponen Pendukung	19
1. <i>Miniature Circuit Breaker</i> (MCB).....	19
2. <i>Magnetic contactor</i>	23
a) Pengertian <i>Magnetic Contactor</i> (MC)	23
b) Prinsip Kerja <i>Magnetic Contactor</i> (MC)	24
c) Karakteristik <i>Magnetic Contactor</i>	26
3. <i>Thermal Overload Relay</i> (TOR)	27
4. <i>Time Delay Relay</i> (<i>Timer</i>).....	29
5. Transformator Arus (<i>Current Transformer</i>)	32
6. <i>Voltmeter</i>	33
7. <i>Amperemeter</i>	34
8. <i>Push Button</i>	35
9. <i>Selector Switch Voltmeter</i>	37
10. <i>Selector Switch Amperemeter</i>	38
11. <i>Selector Switch Auto-Manual</i>	39
12. <i>Emergency stop</i>	39

BAB III. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

A. Analisis Kebutuhan	41
B. Identifikasi Kebutuhan	43

C. Konsep Rancangan Alat	45
1. Perancangan Frame Sliding dan Box Penyimpanan	46
2. Perancangan Modul-Modul Komponen	47
a. Modul <i>Magnetic Contactor</i>	47
b. Modul MCB 1 Phase	48
c. Modul MCB 3 Phase	49
d. Modul <i>Thermal Overload Relay</i> (TOR)	50
e. Modul <i>Time Delay relay</i> (TDR)	51
f. Modul <i>Current Transformer</i> (CT)	53
g. Modul <i>Voltmeter</i>	54
h. Modul <i>Amperemeter</i>	55
i. Modul <i>Selector Switch Voltmeter</i>	56
j. Modul <i>Selector Switch Amperemeter</i>	57
k. Modul <i>Selector Switch Auto-Manual</i>	58
l. Modul <i>Push Button</i>	59
m. Modul <i>Emergency Stop</i>	60
n. Modul <i>Jogging Switch</i>	61
o. Modul <i>Busbar</i>	62
D. Implementasi	63
E. Perencanaan Pengujian	64
1. Uji Teknis	64
2. Uji Fungsi dan Unjuk Kerja	66
a) Pengujian dan Pengamatan Pada Kendali Motor 3 Phase Mode Manual	67
b) Pengujian dan Pengamatan Pada Kendali Motor 3 Phase Berurutan Mode Manual	68
c) Pengujian dan Pengamatan Pada Kendali Motor 3 Phase Berurutan Mode Otomatis	69
d) Pengujian dan Pengamatan Pada Kendali Motor 3 Phase Putar kanan-Putar Kiri Mode manual	70

e) Pengujian dan Pengamatan Pada Kendali Motor 3 Phase Putar Kanan-Putar Kiri Mode Otomatis	71
f) Pengujian dan Pengamatan Pada Kendali Motor 3 Phase <i>Star-Delta</i> Mode Manual	72
g) Pengujian dan Pengamatan Pada Kendali Motor 3 Phase <i>Star-Delta</i> Otomatis	73
h) Pengukuran Motor Operasi <i>Star-Delta</i> Mode Auto-Manual	74
3. Uji Kelayakan	74
F. Petunjuk Pemakaian	76

BAB IV. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Produl	78
1. Uji Teknis	78
a. Tempat Pengambilan Data	78
b. Alat dan Bahan	78
c. Proses dan Hasil Pengujian	79
2. Pengujian Fungsi dan Unjuk Kerja	82
3. Uji Kelayakan	98
B. Pembahasan	99
1. Pembahasan Uji Teknis	99
a. Modul MCB 1 Phase	99
b. Modul MCB 3 Phase	100
c. Modul <i>Magnetic Contactor</i>	100
d. Modul <i>Thermal Overload Relay</i>	101
e. Modul <i>Time Delay Relay</i>	101
f. Modul <i>Current Transformer (CT)</i>	101
g. Modul <i>Push Button (NO, NC)</i>	102
h. Modul <i>Jogging Switch</i>	102
i. Modul <i>Selector Switch Amperemeter</i> dan <i>Amperemeter</i>	102

j. Modul <i>Selector Switch Voltmeter</i> dan <i>Voltmeter</i>	103
k. Modul <i>Switch Auto-Manual</i>	103
l. Modul <i>Emergency Stop</i>	104
2. Pembahasan Uji Fungsi dan Unjuk Kerja	104
a. Kendali Rangkaian Motor 3 Phase	105
b. Kendali Rangkaian Motor Berurutan	105
c. Kendali Motor 3 Phase Putar Kanan-Putar Kiri	105
d. Kendali Motor 3 Phase <i>Start-Delta</i>	106
3. Pembahasan Uji Kelayakan.....	106
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	108
B. Keterbatasan Alat	109
C. Saran.....	110
DAFTAR PUSTAKA	111
LAMPIRAN	113

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Bentuk Fisik Motor 3 Phase	13
Gambar 2. Konstruksi Motor 3 Phase	13
Gambar 3. Rangkaian <i>Starting Direct On Line</i>	16
Gambar 4. Rangkaian <i>Starting Star-Delta</i>	17
Gambar 5. Hubungan Motor <i>Starting Star-Delta</i>	18
Gambar 6. Cara Membalik Putaran Motor Induksi 3 Phase	19
Gambar 7. Simbol MCB 1 Phase dan MCB 3 Phase	20
Gambar 8. Bentuk Fisik MCB 1 Phase dan MCB 3 Phase	20
Gambar 9. Bagian-Bagian MCB	21
Gambar 10. Simbol <i>Magnetic Contactor</i>	25
Gambar 11. Cara Kerja <i>Magnetic Contactor</i>	26
Gambar 12. Bentuk Fisik <i>Magnetic Contactor</i>	27
Gambar 13. Simbol <i>Thermal Overload Relay</i>	28
Gambar 14. Bentuk Fisik <i>Thermal Overload Relay</i>	29
Gambar 15. Bentuk Fisik <i>Time Delay Relay</i>	30
Gambar 16. Tata Letak <i>Time Delay Relay</i>	31
Gambar 17. <i>Socket Time Delay Relay</i>	31
Gambar 18. Bentuk Fisik <i>Current Transformer</i>	33
Gambar 19. Simbol <i>Voltmeter</i>	33
Gambar 20. Bentuk Fisik <i>Voltmeter</i>	34
Gambar 21. Simbol <i>Amperemeter</i>	34

Gambar 22. Bentuk Fisik <i>Amperemeter</i>	35
Gambar 23. Simbol <i>Jogging Switch</i>	36
Gambar 24. Bentuk Fisik <i>Push Button Jogging Switch</i>	36
Gambar 25. Simbol <i>Push Button</i>	37
Gambar 26. Bentuk Fisik <i>Push Button</i>	37
Gambar 27. Bentuk Fisik <i>Selector Switch Voltmeter</i>	38
Gambar 28. Bentuk Fisik <i>Selector Switch Amperemeter</i>	38
Gambar 29. Bentuk Fisik <i>Selector Switch Auto-Manual</i>	39
Gambar 30. Bentuk Fisik <i>Emergency Switch</i>	40
Gambar 31. Rancangan Frame Sliding dan Box Penyimpan	46
Gambar 32. Modul <i>Magnetic Contactor</i>	48
Gambar 33. Modul MCB 1 Phase	49
Gambar 34. Modul MCB 3 Phase	49
Gambar 35. Modul <i>Thermal Overload</i>	51
Gambar 36. Modul <i>Time Delay Relay</i>	52
Gambar 37. Modul <i>Time Delay Relay By Relay</i>	53
Gambar 38. Modul <i>Current Transformer (CT)</i>	54
Gambar 39. Modul <i>Voltmeter</i>	55
Gambar 40. Modul <i>Amperemeter</i>	56
Gambar 41. Modul <i>Selector Switch Voltmeter</i>	57
Gambar 42. Modul <i>Selector Switch Amperemeter</i>	58
Gambar 43. Modul <i>Selector Switch Auto-Manual</i>	59
Gambar 44. Modul <i>Push Button</i>	60

Gambar 45. Modul <i>Emergency Stop</i>	61
Gambar 46. Modul <i>Jogging Switch</i>	62
Gambar 47. Modul <i>Busbar</i>	63
Gambar 48. Tata Letak Modul Trainer	64
Gambar 49. Rangkaian Kendali Motor 3 Phase Manual.....	67
Gambar 50. Rangkaian Pengaturan Putaran Motor 3 Phase Berurutan <i>Mode Manual</i>	68
Gambar 51. Rangkaian Pengaturan Putaran Motor 3 Phase Berurutan Mode Otomatis.....	69
Gambar 52. Rangkaian Pengaturan Putaran Motor 3 Phase Putar Kanan- Kiri Secara Manual	70
Gambar 53. Rangkaian Pengaturan Putaran Motor 3 Phase Putar kanan-Kiri Secara Otomatis.....	71
Gambar 54. Rangkaian Motor 3 Phase <i>Star– Delta Manual</i>	72
Gambar 55. Rangkaian Motor 3 Phase <i>Star– Delta Auto-Manual</i>	73
Gambar 56. Flowchart Pengoperasian Trainer.....	77

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Cara Pengasutan Motor 3 Phase.....	15
Tabel 2. Rincian Bahan yang Digunakan Dalam Penyelesaian Proyek Akhir	43
Tabel 3. Rincian Alat Yang Digunakan Dalam Penyelesaian Proyek Akhir	45
Tabel 4. Data Pengujian Teknis Modul Trainer Instalasi Listrik Industri	65
Tabel 5. Kesimpulan Pengujian Uji Teknis Modul Trainer Instalasi Listrik Industri	65
Tabel 6. Pengujian Kendali Motor 3 Phase Mode Manual	67
Tabel 7. Pengujian Kendali Motor 3 Phase Berurutan Mode Manual	68
Tabel 8. Pengujian Kendali Motor 3 Phase Berurutan Mode Otomatis.....	69
Tabel 9. Pengujian Kendali Motor 3 Phase Putar kanan- Putar Kiri Mode Manual.....	70
Tabel 10. Pengujian Kendali Motor 3 Phase Putar kanan- Putar Kiri Mode Otomatis	71
Tabel 11. Pengujian Kendali Motor 3 Phase <i>Start-Delta Mode Manual</i>	72
Tabel 12. Pengujian Kendali Motor 3 Phase <i>Start-Delta Mode Otomatis</i>	73
Tabel 13. Pengukuran Motor Operasi <i>Start-Delta Mode Auto-Manual</i>	74
Tabel 14. Kisi-kisi Instrumen Penggunaan Modul Trainer Instalasi Listrik Industri Oleh Mahasiswa	75
Tabel 15. Skala Presentase Kategori Penilaian	76
Tabel 16. Data Pengamatan Uji Teknis Modul Trainer Instalasi Listrik Industri	79
Tabel 17. Kesimpulan Pengujian Uji Teknis	82
Tabel 18. Proses Pengujian Kendali Motor 3 Phase Mode Manual.....	83
Tabel 19. Proses Pengujian Kendali Motor 3 Phase Berurutan Mode Manual.....	84
Tabel 20. Proses Pengujian Kendali Motor 3 Phase Berurutan Mode Otomatis	86
Tabel 21. Proses Pengujian Kendali Motor 3 Phase Putar Kanan-Putar Kiri Mode Manual.....	89

Tabel 22. Proses Pengujian Kendali Motor 3 Phase Putar Kanan-Putar Kiri	
Mode Otomatis	90
Tabel 23. Proses Pengujian Kendali Motor 3 Phase <i>Start-Delta</i>	
Mode Manual.....	92
Tabel 24. Proses Pengujian Kendali Motor 3 Phase <i>Start-Delta</i>	
Mode Otomatis	95
Tabel 25. Pengukuran Motor Operasi <i>Start-Delta</i> Mode <i>Auto-Manual</i>	97
Tabel 26. Data Hasil Penilaian Dari Mahasiswa.....	98

DAFTAR LAMPIRAN

1. Petunjuk Pemakaian.
2. Gambar Rangkaian Kendali Motor 3 Phase Manual
3. Gambar Rangkaian Kendali Motor 3 Phase Berurutan Manual
4. Gambar Rangkaian Kendali Motor 3 Phase Berurutan Otomatis
5. Gambar Rangkaian Kendali Motor 3 Phase Putar Kanan-Putar Kiri Manual
6. Gambar Rangkaian Kendali Motor 3 Phase Putar Kanan-Putar Kiri Otomatis
7. Gambar Rangkaian Kendali Motor 3 Phase *Star-Delta* Manual
8. Gambar Rangkaian Kendali Motor 3 Phase *Star-Delta* Otomatis
9. Permohonan Validasi.
10. Uji Ergonomi.
11. Instrument Penggunaan Trainer Oleh Mahasiswa.
12. Rekap Responden Instrument Penggunaan Trainer Oleh Mahasiswa.
13. Dokumentasi

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

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. Adaptasi manusia dengan teknologi baru yang telah berkembang wajib untuk dilakukan melalui pendidikan. Hal ini dilakukan agar generasi penerus tidak tertinggal dalam hal teknologi baru. Dengan begitu, teknologi dan pendidikan mampu berkembang bersama seiring dengan adanya generasi baru sebagai penerus

generasi lama. Beberapa cara adaptasi tersebut dapat diwujudkan dalam bentuk pelatihan maupun pendidikan.

Mayoritas lembaga pendidikan formal masih belum menerapkan media pembelajaran yang dibutuhkan oleh peserta didik dalam mengenal teknologi baru yang kelak akan sangat dibutuhkan. Dalam Program Keahlian yang bersifat praktikum, penggunaan alat bantu berupa media pembelajaran memiliki pengaruh yang signifikan bagi siswa atau mahasiswa dalam memahami secara mendalam materi yang diajarkan.

Media pembelajaran program keahlian praktikum berupa Unit Modul Trainer Instalasi Listrik Industri merupakan salah satu potensi yang dapat digunakan siswa atau mahasiswa dalam mengenal lebih dalam perkembangan teknologi Instalasi yang ada di Industri, khususnya dalam program keahlian instalasi listrik di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta.

Unit modul trainer ini harus didesain sesuai dengan konsep dan layak sebagai media pembelajaran baik dari segi teknis, fungsi dan unjuk kerja serta segi ergonomi dalam penggunaan sehingga dapat menunjang mata kuliah instalasi listrik industri.

Unit Modul Trainer Instalasi Listrik Industri dapat digunakan berbagai jenis simulasi yang menunjang praktik maupun uji kompetensi, antara lain :

1. Kendali motor 3 phase manual
2. Kendali motor 3 phase berurutan manual
3. Kendali motor 3 phase berurutan otomatis

4. Kendali motor 3 phase putar kanan-putar kiri manual
5. Kendali motor 3 phase putar kanan-putar kiri otomatis
6. Kendali motor 3 phase star-delta manual
7. Kendali motor 3 phase star-delta otomatis

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang masalah diatas dapat diidentifikasi beberapa masalah-masalah, antara lain :

1. Meningkatnya perkembangan teknologi di dunia industri khususnya pada pemakaian motor listrik 3 phase.
2. Pentingnya media pembelajaran dalam meningkatkan motivasi belajar.
3. Perlu adanya media pembelajaran berbentuk modul trainer pada mata kuliah Praktik Instalasi Listrik Industri.

C. Batasan Masalah

Mengingat luasnya permasalahan yang berkaitan dengan pembuatan unit trainer Instalasi Listrik Industri, dalam penulisan proyek akhir ini dibatasi dari teori singkat media pembelajaran, ergonomi, motor listrik, starting motor 3 phase, dan membalik putaran motor.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana konsep rancang bangun pembuatan dari unit modul trainer Instalasi Listrik Industri?

2. Bagaimana unjuk kerja dari unit modul trainer Instalasi Listrik Industri?

E. Tujuan

Tugas Akhir “Pengembangan Unit Modul Trainer Instalasi Listrik Industri” ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui rancang bangun pembuatan dari unit modul trainer Instalasi Listrik Industri.
2. Dapat mengetahui unjuk kerja dari unit modul trainer Instalasi Listrik Industri.

F. Manfaat

Pembuatan Tugas Akhir ini diharapkan dapat terpenuhi beberapa manfaat antara lain:

1. Bagi mahasiswa
 - a. Sebagai sarana dalam menyelesaikan suatu permasalahan sesuai bidang keahlian dan untuk mempersiapkan diri dalam dunia kerja.
 - b. Sebagai penerapan teori yang didapat dibangku kuliah.
 - c. Dapat membandingkan antara teori dan kenyataan.
2. Bagi jurusan / Universitas
 - a. Mengetahui sejauh mana mahasiswa dalam menerapkan ilmu yang dipelajari selama mengikuti kuliah.
 - b. Sebagai salah satu perbandingan media pembelajaran dan sebagai motivator untuk selalu memperbaiki dan meningkatkan sistem pembelajaran yang ada baik sarana maupun prasarannya.

3. Bagi pemerintah dan masyarakat
 - a. Memberikan tambahan wawasan dan pengetahuan tentang Instalasi Listrik Industri.
 - b. Mampu menghasilkan suatu unit modul trainer instalasi listrik industri yang layak dan memadai sebagai media pembelajaran.

G. Keaslian Gagasan

Tugas akhir yang berjudul “Pengembangan Unit Modul Trainer Instalasi Listrik Industri“ merupakan media pembelajaran ditingkat Perguruan Tinggi maupun Sekolah Menengah Kejuruan agar peserta didik dapat mengetahui bagaimana Instalasi Listrik Industri di suatu Industri atau perusahaan. Unit Modul Trainer Instalasi industri ini merupakan pengembangan dari trainer sebelumnya yang pernah dibuat di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro UNY. Ide pembuatan unit modul trainer Instalasi Listrik Industri ini akan dikembangkan dan diambil sebagai tugas akhir.

BAB II

PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

A. Trainer (Media Pembelajaran)

1. Pengertian Trainer (Media Pembelajaran)

Kata media berasal dari bahasa latin “*medius*” yang secara harfiah berarti tengah, perantara atau pengantar. Menurut Prasasti dan Irawan (2005:3) media adalah apa saja yang dapat menyalurkan informasi dari sumber informasi ke penerima informasi. Latuheru (1988:14) mengemukakan bahwa media pembelajaran adalah bahan, alat, maupun metode atau teknik yang digunakan dalam kegiatan belajar mengajar dengan maksud agar proses interaksi komunikasi edukatif antara guru dan anak didik belajar dapat berlangsung secara tepatguna dan berdayaguna.

National Education Association (NEA) mendefinisikan bahwa media adalah bentuk-bentuk komunikasi, baik tercetak maupun audio-visual dan peralatannya, dengan demikian media dapat dimanipulasi, dilihat, didengar atau dibaca.

Berdasarkan pengertian di atas dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran dapat diartikan alat, benda, metode, teknik yang digunakan dalam proses belajar mengajar dan berfungsi untuk meningkatkan efektifitas dalam mencapai tujuan pendidikan.

2. Kegunaan dan Fungsi Media Pembelajaran

Menurut Levie dan Lents dalam Arsyad Azhar (2005: 16) mengemukakan empat fungsi media pembelajaran yaitu :

a. Fungsi Atensi

Fungsi Atensi yaitu menarik perhatian siswa untuk berkonsentrasi kepada isi pelajaran.

b. Fungsi Afektif

Fungsi Afektif yaitu memberi kenikmatan kepada siswa selama proses belajar.

c. Fungsi Kognitif

Fungsi Kognitif yaitu dapat mempermudah siswa dalam memahami dan mengingat informasi atau pesan yang disampaikan.

d. Fungsi Kompensatoris

Maksud dari fungsi kompensatoris yaitu media pembelajaran dapat mengakomodasi siswa yang lemah dan lambat untuk menerima dan memahami isi pelajaran yang disajikan.

3. Bentuk Media Pembelajaran

Bentuk-bentuk media pembelajaran menurut Leshin, Pollock dan Reigeluth yang dikutip oleh Arsyad Azhar (2005: 36) adalah :

- a. Media berbasis manusia, seperti Guru, Instruktur, Tutor.
- b. Media berbasis cetak, seperti buku, alat bantu kerja, trainer.
- c. Media berbasis visual, seperti bagan, peta, grafik.
- d. Media berbasis audio-visual, seperti video, film, televisi.

- e. Media berbasis computer, seperti interaktif video, *hypertext*.

B. Ergonomi

Ergonomi berasal dari bahasa Yunani yaitu *Ergos* yang berarti kerja dan *Nomos* yang berarti ilmu, sehingga secara harfiah dapat diartikan sebagai suatu ilmu yang mempelajari hubungan antara manusia dengan pekerjaannya. Menurut Mc Coinick (1993) yang dikutip dalam <http://sobatbaru.blogspot.com> menyebutkan bahwa definisi ergonomi dapat dilakukan dengan cara menjabarkannya dalam fokus, tujuan dan pendekatan mengenai ergonomi dimana dalam penjelasannya disebutkan sebagai berikut:

1. Secara Fokus

Ergonomi menfokuskan diri pada manusia dan interaksinya dengan produk, peralatan, fasilitas, prosedur dan lingkungan dimana sehari-hari manusia hidup dan bekerja.

2. Secara Tujuan

Ergonomi ada dua hal, yaitu peningkatan efektifitas dan efisiensi kerja serta peningkatan nilai-nilai kemanusiaan, seperti peningkatan kerja, pengurangan rasa lelah dan sebagainya.

3. Secara pendekatan

Pendekatan ergonomi adalah aplikasi informasi mengenai keterbatasan-keterbatasan manusia, kemampuan, karakteristik tingkah laku dan motivasi untuk merancang prosedur dan lingkungan tempat aktivitas manusia tersebut.

Berdasarkan ketiga pendekatan tersebut di atas, definisi ergonomi dapat terangkum dalam definisi yang dikemukakan Chapanis (1985). Chapanis menyimpulkan ergonomi adalah ilmu untuk menggali dan mengaplikasikan informasi-informasi mengenai perilaku manusia, kemampuan, keterbatasan dan karakteristik manusia lainnya untuk merancang peralatan, mesin, sistem, pekerjaan dan lingkungan untuk meningkatkan dan efektifitas pekerjaan manusia.

Definisi mengenai ergonomi juga datang dari Iftkar Z. Sitalaksana (1979) yang mendefinisikan ergonomi sebagai suatu cabang ilmu yang sistematis untuk memanfaatkan informasi-informasi mengenai sifat, kemampuan dan keterbatasan manusia untuk merancang suatu sistem kerja. Ergonomi bertujuan agar orang dapat hidup dan bekerja pada sistem itu dengan baik, yaitu mencapai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan itu dengan efektif, aman dan nyaman. (<http://sobatbaru.blogspot.com>)

Inti dari ergonomi adalah suatu prinsip *fitting the task/the job to the man*, yang artinya pekerjaan harus disesuaikan dengan kemampuan dan keterbatasan yang dimiliki oleh manusia. Hal ini menegaskan bahwa dalam merancang suatu jenis pekerjaan perlu memperhitungkan keterbatasan manusia sebagai pelaku kerja. Keadaan ini akan memberikan keuntungan dalam proses pemilihan pekerja untuk suatu pekerjaan tertentu. Mencari pekerja yang mampu menahan beban kerja yang berat bukanlah suatu pekerjaan yang mudah. Tujuan mengupayakan cara kerja lainnya yang mengurangi beban kerja sampai berada dalam batas kemampuan rata-rata,

akan mempermudah kita dalam mencari pekerja yang sanggup melaksanakan pekerjaan tersebut.

Sesuai dengan definisi ergonomi yang telah disebutkan, dapat dikatakan bahwa kajian utama dari ergonomi adalah perilaku manusia sebagai obyek utama sesuai dengan prinsip *fitting the task/the job to the man*. Pada berbagai literature terdapat perbedaan dalam menentukan bidang-bidang kajian ergonomi. Pada prinsipnya perbedaan tersebut hanya pada pengelompokan perilaku-perilaku manusianya.

Berkaitan dengan bidang penyelidikan yang dilakukan, ergonomi dikelompokkan atas empat bidang penyelidikan, yaitu :

1. Penyelidikan tentang *display*

Display adalah suatu perangkat antara (*interface*) yang menyajikan informasi tentang keadaan lingkungan dan mengkomunikasikannya kepada manusia dalam bentuk angka-angka, tanda-tanda, lambing dan sebagainya. Informasi ini dapat disajikan dalam bentuk statis, misalnya peta suatu kota dan dapat pula dalam bentuk dinamis yang menggambarkan perubahan variable menurut waktu, misalnya *speedometer*.

2. Penyelidikan tentang kekuatan fisik manusia

Dalam hal ini penyelidikan dilakukan terhadap aktivitas-aktivitas manusia pada saat bekerja dan kemudian dipelajari cara mengukur aktifitas-aktifitas tersebut. Penyelidikan ini juga mempelajari perancangan obyek serta

peralatan yang disesuaikan dengan kemampuan fisik manusia pada saat melakukan aktifitasnya.

3. Penyelidikan tentang ukuran tempat kerja

Penyelidikan ini bertujuan untuk mendapatkan rancangan tempat kerja yang sesuai dengan dimensi tubuh manusia agar diperoleh tempat kerja yang baik sesuai dengan kemampuan dan keterbatasan manusia.

4. Penyelidikan tentang lingkungan kerja

Penyelidikan ini meliputi kondisi lingkungan fisik tempat kerja dan fasilitas, seperti pengaturan cahaya, kebisingan suara, temperature, getaran dan lain-lain yang dianggap mempengaruhi tingkah laku manusia.

Pengelompokkan bidang kajian ergonomi yang secara lengkap dikelompokkan oleh Dr. Ir. Iftikar Z. Sitalaksana (1979) yang dikutip dalam <http://sobatbaru.blogspot.com> sebagai berikut:

- a) *Faal* kerja, yaitu bidang kajian ergonomi yang meneliti energi manusia yang dikeluarkan dalam suatu pekerjaan. Tujuan dan bidang kajian ini adalah untuk perancangan sistem kerja yang dapat meminimasi konsumsi energi yang dikeluarkan saat bekerja.
- b) *Antropometri*, yaitu bidang kajian ergonomi yang berhubungan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia untuk digunakan dalam perancangan dan fasilitas sehingga sesuai dengan pemakainya.
- c) *Biomekanika*, yaitu bidang kajian ergonomi yang berhubungan dengan mekanisme tubuh dalam melakukan suatu pekerjaan, misalnya keterlibatan otot manusia dalam bekerja dan sebagainya.

- d) Penginderaan, yaitu bidang kajian ergonomi yang erat kaitannya dengan masalah penginderaan manusia, baik indera penglihatan, penciuman, perasa, dan sebagainya.
- e) Psikologi kerja, yaitu bidang kajian ergonomi yang berkaitan dengan efek psikologis dan suatu pekerjaan terhadap pekerjaanya, misalnya terjadinya stress dan lain sebagainya.

Pada prakteknya, dalam mengevaluasi suatu sistem kerja secara ergonomi, kelima bidang kajian tersebut digunakan secara sinergis sehingga didapatkan suatu solusi yang optimal, sehingga seluruh bidang kajian ergonomi adalah suatu sistem terintegrasi yang semata-mata ditujukakn untuk perbaikan kondisi manusia pekerjaanya.

Kesimpulan yang dapat diambil bahwa data hasil evaluasi ergonomi akan menentukan bentuk, ukuran dan dimensi yang tepat yang berkaitan dengan produk yang dirancang dan manusia yang akan mengoperasikan menggunakan produk tersebut. Dalam kaitan ini maka perancang produk harus mampu mengakomodasikan dimensi tubuh dari populasi terbesar yang akan menggunakan produk hasil rancangannya tersebut.

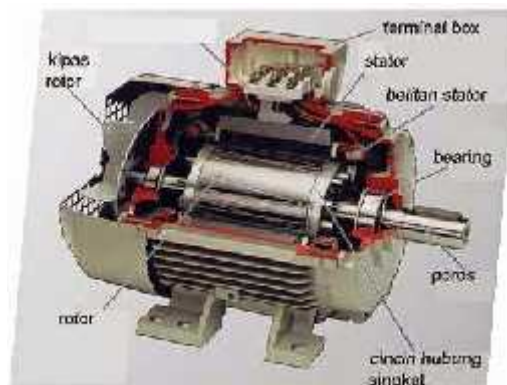
C. Motor Induksi 3 Phase

Motor tiga fasa adalah suatu mesin listrik yang merubah energi listrik menjadi energi gerak dengan menggunakan gandengan medan listrik dan mempunyai slip antara medan stator dan medan rotor. Motor tiga fasa dioperasikan pada sistem tenaga tiga fasa dan banyak digunakan di dalam

berbagai bidang industri dengan kapasitas yang besar. Bentuk gambaran motor induksi 3 fasa diperlihatkan pada Gambar di bawah ini:



Gambar 1. Bentuk Fisik Motor tiga fasa
(Sumber: <http://www.geyosoft.com/2013/motor-induksi>)



Gambar 2. Konstruksi motor induksi 3 phase
(sumber: http://4.bp.blogspot.com/--7TtkbAB_YU/UX-m1CwsJhI/AAAAAAAAAq0/g9_ewlgnsK4/s1600/32.jpg)

Pada motor arus bolak balik arus rotor merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar yang dihasilkan oleh stator. Arus yang mengalir pada setiap kumparan fasa stator akan menghasilkan medan magnet yang arahnya ditentukan dengan kaedah tangan kanan. Medan magnet ini akan berputar sesuai dengan arah resultan fluksi magnet yang timbul. Secara keseluruhan dapat diperoleh bahwa dalam waktu 1 siklus dari tegangan

masukan akan diperoleh medan magnet yang berputar pada stator 1 kali putaran pula. Kecepatan putar medan magnet stator ditentukan oleh frekuensi masukan dan jumlah kutub stator motor tersebut. (Sunnyoto,1993) Sesuai dengan rumus dibawah ini.

$$N_s = 120f/P \dots\dots\dots(1)$$

dengan:

N_s = Kecepatan Putar

f = Frekuensi Sumber

P = Jumlah 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).

D. Starting Motor Induksi 3 Phase

Motor induksi 3 fasa merupakan motor yang paling banyak digunakan dalam industri hal ini disebabkan karena motor induksi 3 fasa mempunyai konstruksi yang sederhana, kokoh, harganya relatif murah, serta perawatannya yang mudah, akan tetapi motor induksi 3 fasa juga mempunyai kelemahan yaitu kecepatan tidak mudah dikontrol, *power factor* rendah pada beban ringan, serta arus *start* yang besar pada *starting* awalnya biasanya 7 kali arus nominal (I_n).

Untuk menjalankan motor 3 fasa ada beberapa metode pengasutan yang dapat dilakukan sesuai dengan daya nominal motor. Dari tabel berikut ini dapat dilihat metode pengasutan yang digunakan sesuai dengan daya nominal motor.

Tabel 1. Cara Pengasutan Motor 3 Fasa

Daya Nominal Motor	Metode Pengasutan
Kurang dari 1,5 - 2,25 kW	Dihubungkan langsung dengan jaringan
Sampai 4 - 6 kW	Dengan saklar bintang - segitiga
Sampai 8 - 12 kW	Dengan saklar bintang-segitiga yang dilengkapi dengan tahanan - tahanan
Lebih dari 8 - 12 kW	Dengan transformator asut, atau motor anker gelang seret dengan tahanan asut rotor.

(Sumber: <http://padliachmad.blogspot.co.id/2013/10/contoh-jurnal-tugas-akhir-pengasutan.html>)

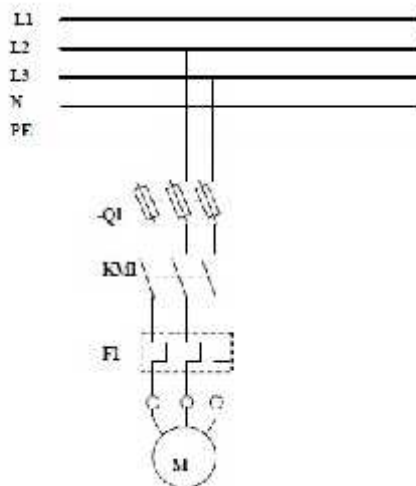
Keterangan: angka-angka yang diberikan pada tabel diatas sesuai dengan ketentuan-ketentuan yang berlaku di negeri Belanda. Dalam Puil 1977, mengenai pembatasan arus asut hanya ditentukan sebagai berikut : ” instansi yang berwenang dapat menetapkan peraturan yang mengharuskan

dilakukannya pembatasan arus asut sampai harga tertentu, bagi motor dengan daya nominal tertentu”(ayat 520 G4).

Beberapa jenis pengasutan motor yang umum digunakan adalah:

1. Starting Langsung (*Direct On Line*)

Rangkaian untuk pengasut langsung (*Direct On Line*) akan memutus atau menghubungkan suplai utama ke motor secara langsung. Karena arus pengasutan motor dapat mencapai tujuh kali lebih besar dari arus kondisi normal, maka pengasut langsung ini hanya digunakan untuk motor-motor kecil dengan daya kurang dari 4 kW. (Sunyoto,1993)



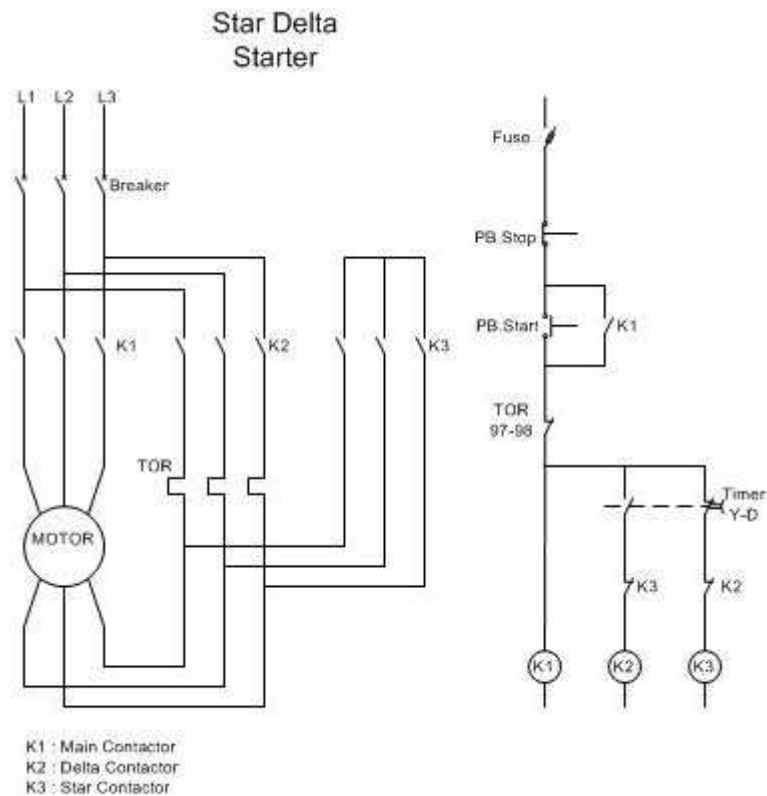
Gambar 3. Rangkaian *Starting Direct On Line*

(Sumber: <http://almon-r.blogspot.co.id/2008/12/metode-starting-motor-induksi.html>)

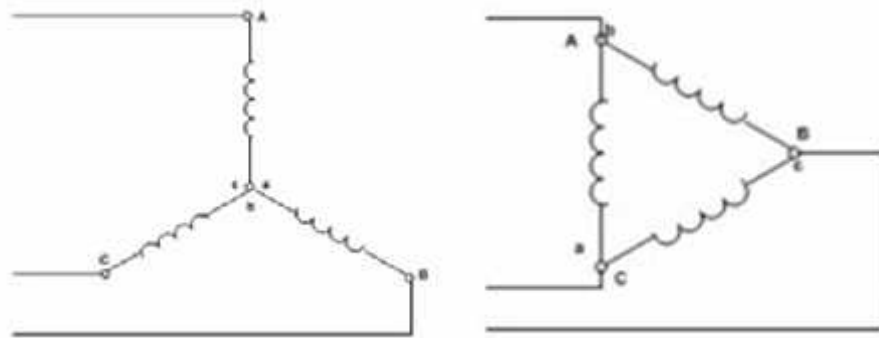
2. *Starting Start-Delta* (Y-)

Starting dengan menggunakan saklar (Y-) mula-mula belitan-belitan motor dihubungkan dalam hubungan bintang & kemudian mengubahnya dalam hubungan delta. Hal ini dapat mengurangi arus start

yang mencapai 7 kali arus nominal. Susunan rangkaian untuk pengasutan bintang-segitiga (star-delta) ini diperlihatkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 4. Rangkaian *Starting Star-Delta*
(Sumber: <http://almon-r.blogspot.co.id/2008/12/metode-starting-motor-induksi.html>)



Kondisi pengasutan

Kondisi motor berputar

Gambar 5. Hubungan motor *starting Star-Delta*

(Sumber: <http://ferryxseven.blogspot.co.id/2010/12/jenis-jenis-pengasutan-starting-pada.html#sthash.HeJDZ6na.dpuf>)

Dalam keadaan start motor disambung Y, maka:

$$I_Y = \frac{V}{Z\sqrt{3}}$$

Dalam keadaan start motor disambung Δ, maka:

$$I_{\Delta} = \frac{V\sqrt{3}}{Z}$$

Sehingga :

$$\frac{I_Y}{I_{\Delta}} = \frac{\frac{V}{Z\sqrt{3}}}{\frac{V\sqrt{3}}{Z}} = \frac{1}{3}$$

Atau $I_Y : I_{\Delta} = 1 : 3$

Sehingga arus start sebuah motor induksi 3 phase jika disambung bintang

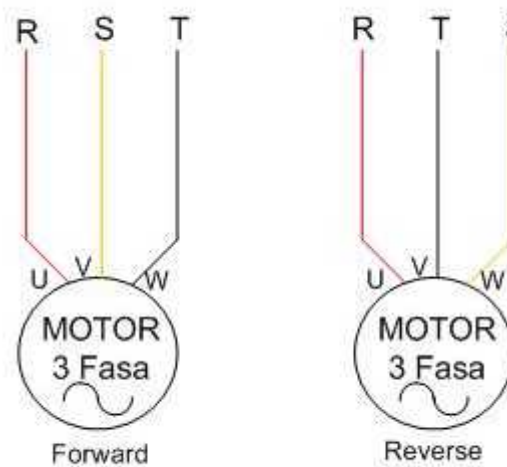
(Y) = 1/3 kali arus start jika motor dihubung segitiga (Δ). (Sunnyoto, 1993).

Sedangkan untuk tegangan yaitu: saat motor hubung Y maka $V_Y = V_L$,

saat motor dihubung Δ maka $V_{\Delta} = \sqrt{3} \cdot V_L$.

E. Membalik Putaran Motor

Putaran motor dapat terbalik, jika arah putaran medan magnet stator juga terbalik. Untuk membalik putaran medan magnet stator dapat dilakukan dengan menukar dua dari tiga penghantar fasa sumber listrik motor tersebut. Untuk jelasnya dapat dilihat pada gambar 7 berikut ini. (Sunnyoto,1993).



Gambar 6. Cara Membalik Putaran Motor Induksi 3 Phase
(Sumber: <http://trikueni-desain-sistem.blogspot.co.id/2013/10/Membalik-Putar-Motor-3-fasa.html>)

- a. *Forward* (maju) mempunyai arah sesuai dengan arah putar jarum jam.
- b. *Reverse* (mundur) mempunyai arah berlawanan arah putar jarum jam.

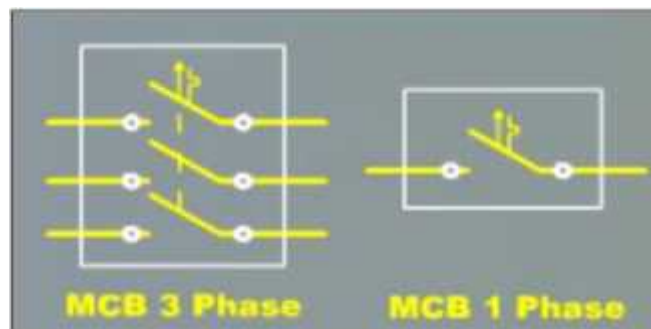
(Sunnyoto,1993).

F. Komponen Pendukung

1. *Miniature Circuit Breaker* (MCB)

Miniature Circuit Breaker (MCB) atau pemutus tenaga berfungsi untuk memutuskan suatu rangkaian apabila ada arus yang mengalir dalam rangkaian atau beban listrik yang melebihi kemampuan. Misalnya adanya konsleting dan lainnya. Pemutus tenaga ini ada yang untuk 1 phase dan

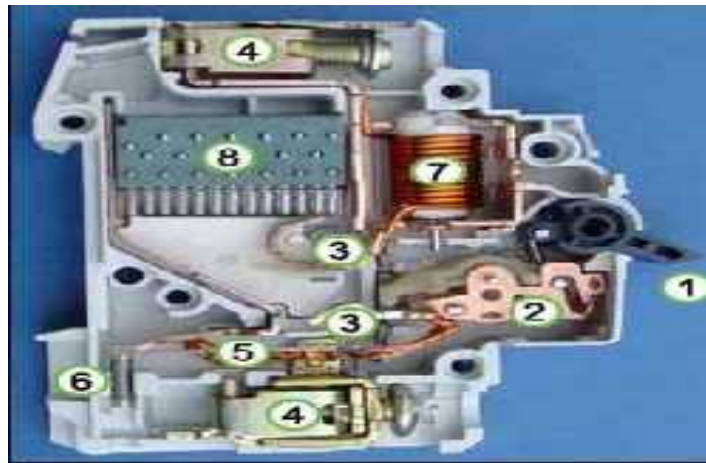
ada yang untuk 3 phase. Untuk 3 phase terdiri dari tiga buah pemutus tenaga 1 phase yang disusun menjadi satu kesatuan. Pemutus tenaga mempunyai 2 posisi, saat menghubungkan maka antara terminal masukan dan terminal keluaran MCB akan kontak. Pada posisi saat ini MCB pada kedudukan 1 (ON), dan saat ada gangguan, MCB dengan sendirinya akan melepas rangkaian secara otomatis kedudukan saklarnya 0 (OFF), saat ini posisi terminal masukan dan keluaran MCB tidak hubung. (dr-djoko-laras-budiyo-tarunomateri-instalasi-listrik.pdf)



Gambar 7. Simbol MCB 1 Phase dan 3 Phase
(Sumber: <http://staff.uny.ac.id>)



Gambar 8. Bentuk Fisik MCB 1 phase dan 3 phase
(Sumber: <http://staff.uny.ac.id>)



Gambar 9. Bagian-Bagian MCB
(Sumber: <http://staff.uny.ac.id>)

Keterangan gambar:

- 1) Tuas Operasi Strip, digunakan sebagai *Switch on-off* dari MCB dan menunjukkan status dari MCB apakah on atau off.
- 2) Aktuator Mekanis, yang membuat kontak arus listrik bekerja.
- 3) Kontak bergerak, sebagai penyambung dan pemutus arus listrik.
- 4) Terminal Bawah, sebagai tempat koneksi kabel listrik dengan MCB.
- 5) Bimetal, sebagai *thermal trip*.
- 6) Sekrup Kalibrasi, digunakan untuk mengatur secara presisi arus trip dari MCB setelah pabrikasi.
- 7) Kumparan magnetis, sebagai *magnetic trip* dan bekerja bila terjadi hubung singkat arus listrik.
- 8) Ruang busur api, pemadaman busur api jika terjadi percikan api saat terjadi pemutusan atau pengaliran kembali arus listrik.

(<http://www.instalasilistrikrumah.com/>)

1.1 Jenis-Jenis MCB

Berdasarkan waktu pemutusannya, pengaman-pengaman otomatis dapat terbagi atas:

a) *Otomat-L* (Untuk Hantaran)

Pada *Otomat* jenis ini pengaman *thermis*nya disesuaikan dengan meningkatnya suhu hantaran. Apabila terjadi beban lebih dan suhu hantarannya melebihi suatu nilai tertentu, elemen dwi logamnya akan memutuskan arusnya. Jika terjadi hubung singkat, arusnya diputuskan oleh pengaman elektromagnetiknya. Untuk arus bolak-balik yang sama dengan 4-6 In dan arus searah yang sama dengan 8 In pemutusan arusnya berlangsung dalam waktu 0,2 detik.

b) *Otomat-H* (untuk Instalasi Rumah)

Secara *thermis* jenis pengaman ini sama dengan jenis *Otomat-L*. Pengaman elektromagnetiknya memutuskan dalam waktu 0,2 detik, jika arusnya sama dengan 2,5-3 In untuk arus bolak-balik atau sama dengan 4 In untuk arus searah. Jenis *Otomat* ini digunakan untuk instalasi rumah tinggal. Pada instalasi rumah, arus gangguan yang rendahpun harus diputuskan dengan cepat sehingga jika terjadi gangguan tanah, bagian-bagian yang terbuat dari logam tidak akan lama bertegangan.

c) *Otomat-G*

Jenis *Otomat* ini digunakan untuk mengamankan motor-motor listrik berkapasitas 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 8-11 In untuk arus bolak-balik atau pada 14 In untuk arus searah. Kontak-kontak saklarnya dan ruang pemadam busur apinya memiliki konstruksi khusus. Karena itu jenis *Otomat* ini dapat memutuskan arus hubung singkat yang besar, yaitu hingga 1500 ampere.

1.2 Cara Kerja MCB

Cara kerja MCB terbagi atas dua cara yaitu:

a) *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 diperkanankan maka *bimetal* tersebut akan melengkung dan memutus aliran listrik.

b) Magnetik

Prinsip kerjanya adalah memanfaatkan arus hubung singkat yang cukup besar untuk menarik saklar mekanik dengan prinsip induksi elektromagnetis. Semakin besar arus hubung singkat, maka semakin besar gaya yang menggerakkan saklar tersebut.

2. *Magnetic Contactor* (MC)

a) Pengertian *Magnetic Contactor* (MC)

Magnetic contactor (MC) adalah sebuah komponen yang berfungsi sebagai penghubung atau kontak dengan kapasitas yang besar dengan menggunakan daya minimal. Umumnya MC terdiri dari 3 pole kontak

utama dan kontak bantu (*aux. contact*). Untuk menghubungkan kontak utama hanya dengan cara memberikan tegangan pada koil MC sesuai spesifikasinya. Komponen utama sebuah MC adalah koil dan kontak utama. Koil dipergunakan untuk menghasilkan medan magnet yang akan menarik kontak utama sehingga terhubung pada masing masing pole.

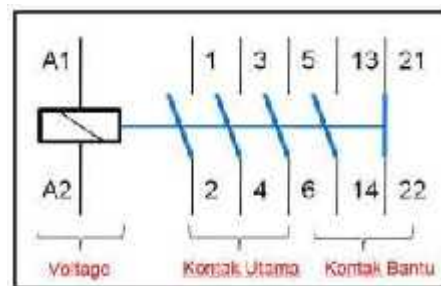
Kontak utama digunakan untuk mengalirkan arus pada rangkaian utama, yaitu arus yang diperlukan untuk peralatan listrik misalnya : motor listrik, pesawat pemanas dan sebagainya. Sedangkan kontak bantu digunakan untuk mengalirkan arus pada rangkaian pengendali (kontrol) yang diperlukan untuk kumparan magnet, alat bantu rangkaian, lampu indikator, dan sebagainya.

Penggunaan kontaktor harus dipahami rangkaian pengendali (kontrol) dan rangkaian daya (utama). Rangkaian pengendali adalah rangkaian yang hanya menggambarkan bekerjanya kontaktor dengan kontak-kontak bantu. Sedangkan rangkaian utama adalah rangkaian yang khusus melayani hubungan peralatan listrik dengan sumber tegangan (jala-jala).

b) Prinsip Kerja *Magnetic Contactor*

Sebuah kontaktor terdiri dari koil, beberapa kontak *Normally Open* (NO) dan beberapa *Normally Close* (NC). Pada saat satu kontaktor normal, NO akan membuka dan pada saat kontaktor bekerja, NO akan menutup. Sedangkan kontak NC sebaliknya yaitu ketika dalam keadaan normal kontak NC akan menutup dan dalam keadaan bekerja kontak NC akan

membuka. Koil adalah lilitan yang apabila diberi tegangan akan terjadi magnetisasi dan menarik kontak-kontaknya sehingga terjadi perubahan atau bekerja. Kontaktor yang dioperasikan secara elektromagnetis adalah salah satu mekanisme yang paling bermanfaat yang pernah dirancang untuk penutupan dan pembukaan rangkaian listrik maka gambar prinsip kerja kontaktor magnet dapat dilihat pada gambar berikut:



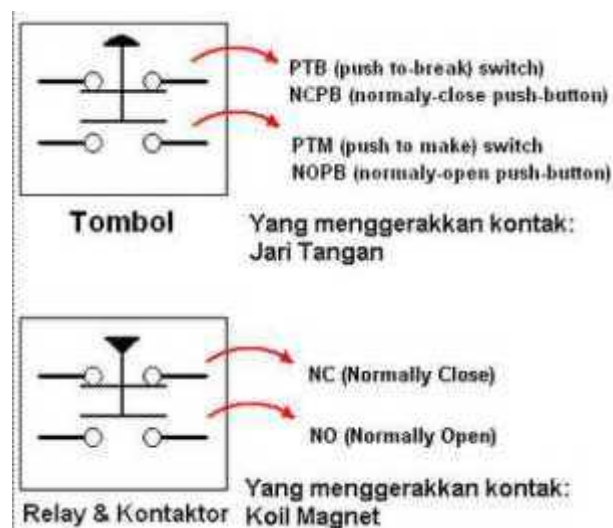
Gambar 10. Simbol-Simbol *Magnetic Contactor*

(Sumber: <https://listrikpemakaian.wordpress.com/2011/07/11/kontaktor-magnetik-magnetic-contactor-mc/>)

Kontaktor termasuk jenis saklar motor yang digerakkan oleh magnet seperti yang telah dijelaskan di atas. Bila pada jepitan a dan b kumparan magnet diberi tegangan, maka magnet akan menarik jangkar sehingga kontak-kontak bergerak yang berhubungan dengan jangkar tersebut ikut tertarik. Tegangan yang harus dipasangkan dapat tegangan bolak balik (AC) maupun tegangan searah (DC), tergantung dari bagaimana magnet tersebut dirancang. Untuk beberapa keperluan digunakan juga kumparan arus (bukan tegangan), akan tetapi dari segi produksi lebih disukai kumparan tegangan karena besarnya tegangan umumnya sudah dinormalisasi dan tidak tergantung dari keperluan alat pemakai tertentu.

c) Karakteristik *Magnetic Contactor*

Spesifikasi kontaktor magnet yang harus diperhatikan adalah kemampuan daya kontaktor ditulis dalam ukuran Watt/kW, yang disesuaikan dengan beban yang dipikul, kemampuan menghantarkan arus dari kontak-kontaknya, ditulis dalam satuan ampere, kemampuan tegangan dari kumparan magnet, apakah untuk tegangan 127 Volt atau 220 Volt, begitupun frekuensinya, kemampuan melindungi terhadap tegangan rendah, misalnya ditulis $\pm 20\%$ dari tegangan kerja. Dengan demikian dari segi keamanan dan kepraktisan, penggunaan kontaktor magnet jauh lebih baik dari pada saklar biasa.



Gambar 11. Cara Kerja Kontak *Magnetic Contactor*

(Sumber: <https://listrikpemakaian.wordpress.com/2011/07/11/kontaktor-magnetik-magnetic-contactor-mc/>)

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 *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 10 A, 15 A, 20 A, 30 A, 50 A dan seterusnya. Bentuk fisik dari *magnetic contactor* seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 12. Bentuk Fisik *Magnetic Contactor*

(Sumber: <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/pendidikan/dr-djoko-laras-budiyo-taruno/materi-instalasi-listrik.pdf>)

3. *Thermal Overload Relay (TOR)*

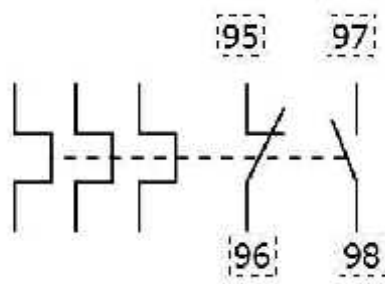
Fungsi dari *Overload relay* adalah untuk proteksi motor listrik dari beban lebih. Seperti halnya sekering (*fuse*) pengaman beban lebih ada yang bekerja cepat dan ada yang lambat. Sebab waktu motor start arus dapat mencapai 6 kali nominal, sehingga apabila digunakan pengaman yang bekerja cepat, maka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

Beberapa penyebab terjadinya beban lebih adalah :

- Terlalu besarnya beban mekanik pada motor.
- Arus *start* yang terlalu besar atau motor berhenti secara mendadak.
- Terbukanya salah satu fasa dari motor 3 fasa.

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 phasa dan ada jenis tiga phasa, tiap phasa terdiri atas bimetal yang terpisah tetapi saling terhubung, berguna untuk memutuskan semua phasa apabila terjadi kelebihan beban.

Prinsip kerja *Thermal Over Load Relay (TOR/TOL)* berdasarkan panas (temperatur) yang ditimbulkan oleh arus yang mengalir melalui elemen- elemen pemanas bimetal, yang mengakibatkan bimetal melengkung selanjutnya akan menggerakkan kontak-kontak mekanik pemutus rangkaian listrik kontak 95 – 96 membuka dan kontak 97 – 98 menutup.



Gambar 13. Simbol *Thermal Overload Relay*
(Sumber: <https://listrikpemakaian.files.wordpress.com/2011/07/tor005.jpg>)



Gambar 14. Bentuk fisik *Thermal Overload Relay*
(Sumber: http://imageshotfrogid.blob.core.windows.net/companies/Nabal-Graha-Artha_23353738/images/Industrial-Automation_17484_image.jpg)

Perlengkapan lain dari *thermal* beban lebih adalah *reset* mekanik yang fungsinya untuk mengembalikan kedudukan kontak 95 – 96 pada posisi semula (menghubung dalam keadaan normal) dan kontak 97 – 98 (membuka dalam keadaan normal). Setelah tombol *reset* ditekan maka kontak 95 – 96 yang semula membuka akibat beban lebih akan kembali menutup dan kontak 97 – 98 akan kembali membuka.

4. *Time Delay Relay* (TDR)

Time delay relay atau *relay* penunda batas waktu banyak digunakan dalam instalasi motor listrik 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.

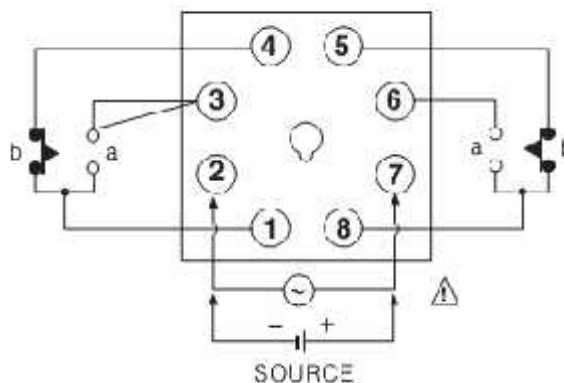


Gambar 15. Bentuk Fisik *Time Delay Relay*
(Sumber: <http://trbhamzah.blogspot.co.id/2015/02/materi-3-timer.html>)

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 magnet dan menggunakan rangkaian elektronik. Timer yang bekerja dengan prinsip induksi motor listrik akan bekerja bila motor listrik 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 dan bagian outputnya sebagai kontak NO atau NC.



Gambar 16. Tata letak *Time Delay Relay*

(Sumber: <http://bse.kemdikbud.go.id/download/fullbook/20140916115811>)



Gambar 17. *Socket Time Delay Relay*

(Sumber: <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/pendidikan/dr-djoko-laras-budiyo-taruno/materi-instalasi-listrik.pdf>)

Pada umumnya timer memiliki 8 buah kaki yang 2 diantaranya merupakan kaki koil sebagai contoh pada gambar yaitu kaki 2 dan 7, 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.

Kebanyakan dari *relay* penunda waktu yang mempunyai batas pengesetan waktu bervariasi yaitu detik, menit bahkan jam. *Relay*

penunda waktu jenisnya ada dua *on-delay* atau *off-delay* yang dapat dihubungkan dengan beban, tergantung bagaimana keluaran dari pengawatan rangkaian.

5. Transformator Arus (*Current Transformer*)

Current Transformer (transformator arus) merupakan transformator yang mensuplai instrumen dengan arus kecil yaitu sebanding dengan arus utama. Transformator arus juga digunakan sehubungan arus yang lebih besar dan peralatan beban lebih. Tegangan yang tinggi dapat mengakibatkan kejut listrik yang fatal, dapat ditambah pada kumparan sekunder jika terbuka. Ujung sekunder harus dihubungkan dengan ampere meter atau dihubung singkat.

Setiap transformator mempunyai ratio transformasi nominal (K_n). Pada transformator arus K_n adalah ratio arus kerja primer dan sekunder. Persamaan ratingnya adalah sebagai berikut:

$$K_n = \frac{I_1}{I_2}$$

Keterangan:

K_n : ratio transformasi nominal

I_1 : arus kerja primer (A)

I_2 : arus kerja sekunder (A)

Trafo arus, K_n dinyatakan dalam satu pecahan, misalnya 50/5, yang berarti trafo arus tersebut dapat menyadap arus ke beban (primer) sebesar 50 A dan diubah menjadi 5A pada sisi sekundernya.

Trafo arus yang umum digunakan dalam panel adalah trafo arus yang lilitan primernya penghantar tunggal. Pemilihan trafo arus ini karena bentuknya kecil sehingga tidak membutuhkan banyak tempat dalam panel. Pemasangan trafo ini sangat mudah dan tanpa mengganggu sistem.



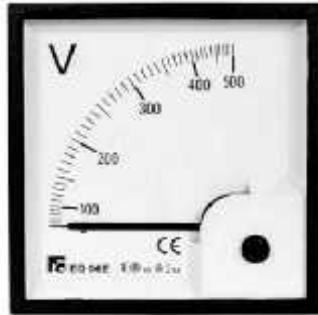
Gambar 18. Bentuk Fisik *Current Transformer*
(Sumber: <http://trafoinstrumentasi.com/2015/06/14/pengenalan-trafo-arus-current-transformer/>)

6. *Voltmeter*

Voltmeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur beda potensial listrik. *Voltmeter* biasanya disusun secara parallel (sejajar) dengan sumber tegangan atau peralatan listrik. Cara memasang *voltmeter* adalah dengan menghubungkan ujung sumber tegangan yang memiliki potensial lebih tinggi (kutub positif) harus dihubungkan ke terminal positif *voltmeter*, dan ujung sumber tegangan yang memiliki potensial lebih rendah (kutub negatif) harus dihubungkan ke terminal negatif *voltmeter*.



Gambar 19. Simbol *Voltmeter*
(Sumber: <https://dhannydotcom.wordpress.com/2013/05/15/materi-pertemuan-2/>)



Gambar 20. Bentuk Fisik *Voltmeter*

(Sumber: <http://www.directindustri.com/prod/fc-misure/product-19243-705355.html>)

7. *Amperemeter*

Amperemeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur kuat arus listrik pada rangkaian tertutup. Pemasangan *amperemeter* dipasang secara seri dengan rangkaian. Umumnya alat ini dipakai oleh teknisi elektronik dalam alat multi tester listrik yang disebut *avometer*. *Avometer* adalah gabungan dari fungsi *amperemeter*, *voltmeter* dan *ohmmeter*.

Amperemeter bekerja berdasarkan prinsip gaya magnetik (gaya *Lorentz*). Ketika arus mengalir melalui kumparan yang dilingkupi oleh medan magnet timbul gaya *Lorentz* yang menggerakkan jarum penunjuk menyimpang.



Gambar 21. Simbol *Amperemeter*

(Sumber: <https://dhannydotcom.wordpress.com/2013/05/15/materi-pertemuan-2/>)

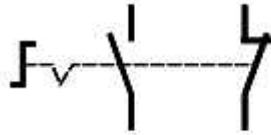


Gambar 22. Bentuk Fisik *Amperemeter*

(Sumber: <http://www.go2marine.com/product/247260F/blue-sea-systems-ac-analog-ammeter-0-50-amps-ac.html>)

8. *Push Button*

Push Button adalah saklar tekan yang berfungsi untuk menghubungkan atau memisahkan bagian-bagian dari suatu instalasi listrik satu sama lain. Push button terdapat 3 macam, yaitu push button NO digunakan untuk menghidupkan, push button NC untuk mematikan dan *push button jogging*. *Push button jogging* merupakan jenis saklar yang prinsip kerjanya sama dengan saklar *emergency stop*, bedanya hanya pada cara pengoperasiannya. *Jogging switch* digunakan untuk mengurangi arus starting tinggi yang berulang-ulang yang ditimbulkan oleh penggerakan motor sebentar sehingga menyebabkan pemanasan berlebih pada motor. *Jogging switch* pengoperasiannya dengan cara ditekan seperti *push button*, sedangkan *emergency stop* diputar. Cara *Jogging switch* bekerja adalah pada motor yang berjalan apabila saklar *jogging* ditekan maka motor akan berhenti, dan apabila dilepas motor akan berputar kembali. *Jogging switch* mempunyai 2 kontak sama seperti saklar *push button* yaitu kontak NO (*Normally Open*) dan NC (*Normally Close*). (Frank. D:470).



Gambar 23. Simbol *Jogging Switch*

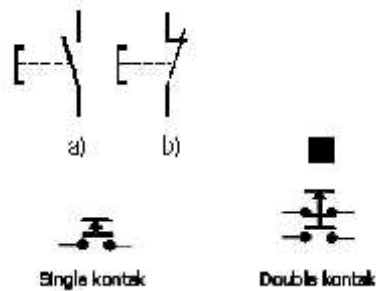
(Sumber: <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/pendidikan/dr-djoko-laras-budiyo-taruno/materi-instalasi-listrik.pdf>)



Gambar 24. Bentuk Fisik *Push button Jogging Switch*

(Sumber: <http://www.ebay.com/bhp/12v-momentary-switch>)

Prinsip kerja *Push Button* adalah apabila dalam keadaan normal tidak ditekan maka kontak tidak berubah, apabila ditekan maka kontak NC akan berfungsi sebagai stop dan kontak NO akan berfungsi sebagai start biasanya digunakan pada sistem pengontrolan motor – motor induksi untuk menjalankan mematikan motor pada industri – industri.



Gambar 25. Simbol *Push Button*

(Sumber: <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/pendidikan/dr-djoko-laras-budiyo-taruno/materi-instalasi-listrik.pdf>)



Gambar 26. Bentuk Fisik *Push Button*

(Sumber: <http://electrozone94.blogspot.com/2013/09/saklar-switch.html>)

9. Selector Switch Voltmeter

Selector switch voltmeter berfungsi untuk memilih tegangan yang akan diukur pada *voltmeter*. Sehingga hanya dengan menggunakan sebuah *voltmeter* dan *switch voltmeter* dapat mengukur besarnya tegangan, baik tegangan fasa ke fasa atau fasa ke netral (RS, ST, TR, RN, SN, TN).



Gambar 27. Bentuk Fisik *Selector Switch Voltmeter*
(Sumber:<http://www.etime.co.uk/product.php/54/Voltmeter%20&%20Ammeter%20Selector%20Switches.html>)

10. Selector Switch Amperemeter

Selector switch amperemeter berfungsi untuk memilih besarnya arus yang akan diukur pada *amperemeter*. Sehingga hanya dengan menggunakan sebuah *amperemeter* dan *switch amperemeter* dapat mengukur besarnya arus pada tiap phase.



Gambar 28. Bentuk Fisik *Selector Switch Amperemeter*
(Sumber:<http://www.etime.co.uk/product.php/54/Voltmeter%20&%20Ammeter%20Selector%20Switches.html>)

11. Selector Switch Auto-Manual

Selector switch auto-manual berfungsi untuk memilih mode pengoperasian trainer instalasi listrik industri. Apabila pengoperasian dengan mode otomatis, maka *switch auto-manual* diarahkan ke “AUTO”, dan apabila pengoperasian dengan mode manual, maka *switch auto-manual* diarahkan ke “MAN”.



Gambar 29. Bentuk Fisik *Selector Switch Auto-Manual*
 ((Sumber: http://www.esala.com.au/product_info.php?manufacturers_id=42&products_id=429)

12. Emergency Stop

Emergency switch atau *emergency stop* digunakan untuk mematikan sumber secara langsung saat terjadi gangguan pada sistem yang telah dirangkai. 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 30. Bentuk Saklar *Emergency Switch*
(Sumber : <http://www.alibaba.com>)

BAB III

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Proyek akhir ini menggunakan rancang bangun yang mempunyai langkah-langkah antara lain analisis kebutuhan, perancangan, identifikasi alat dan bahan yang dibutuhkan, pembuatan dan pengujian. Pengumpulan data dilakukan dengan cara observasi menyangkut rancang bangun dan unjuk kerja alat. Teknik analisis data yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah deskriptif.

Proyek akhir ini mengusung tema tentang media pembelajaran yang kami jadikan judul Pengembangan Unit Trainer Instalasi Listrik Industri guna menunjang pemahaman dan pengetahuan tentang instalasi listrik industri. Perancangan unit trainer ini dirancang dengan konsep modular yaitu masing-masing komponen dikemas buka tutup dan dibuat secara terpisah. Desain dibuat menarik, menggunakan *banana plug*, dilengkapi dengan nama komponen, simbol yang tepat serta berbagai keterangan tentang komponen tersebut sehingga dapat dengan mudah dalam penggunaan maupun dalam proses perawatan. Tujuan yang terpenting adalah dapat mempermudah pemahaman konsep dari dan unit instalasi listrik industri karena dapat dirangkai secara berulang-ulang.

A. Analisis Kebutuhan

Dalam pembuatan Unit trainer praktik instalasi listrik industri ini perlu menganalisa kebutuhan alat dan bahan yang diperlukan, antara lain:

1. MCB 1 phase
2. MCB 3 phase

3. *Magnetic Contactor (MC)*
4. *Thermal Overload Relay (TOR)*
5. *Current Transformer (CT)*
6. *Amperemeter*
7. *Voltmeter*
8. *Time Delay Relay*
9. *Push Button NO*
10. *Push Button NC*
11. *Push Button Jogging*
12. *Selector Switch Amperemeter*
13. *Selector Switch Voltmeter*
14. *Selector Switch Auto-Manual*
15. *Emergency Stop*
16. *Busbar*
17. *Box penyimpanan*

Secara garis besar implementasi dalam instalasi listrik industri dapat dilakukan secara otomatis maupun manual. Instalasi listrik industri yang sering kita temui antara lain:

- 1) Kendali motor 3 phase manual
- 2) Kendali motor 3 phase berurutan manual
- 3) Kendali motor 3 phase berurutan otomatis
- 4) Kendali motor 3 phase putar kanan-putar kiri manual
- 5) Kendali motor 3 phase putar kanan-putar kiri otomatis

- 6) Kendali motor 3 phase *star-delta* manual
- 7) Kendali motor 3 phase *star-delta* otomatis

B. Identifikasi Kebutuhan

Unit modul trainer instalasi industri ini dirancang khusus untuk membantu pembelajaran dan memperkenalkan kepada siswa maupun mahasiswa tentang bagaimana sistem operasi yang ada di dunia industri (instalasi listrik industri). Pembuatan trainer ini didasari bahwa Bengkel Instalasi Listrik Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta belum memiliki unit trainer instalasi listrik industri yang cukup layak sebagai media pembelajaran baik dari segi teknis, fungsi dan unjuk kerja serta layak dari segi ergonomi dalam penggunaan.

Trainer ini didesain sesuai dengan konsep dan layak sebagai media pembelajaran baik dari segi teknis, fungsi dan unjuk kerja serta segi ergonomi dalam penggunaan maka tentunya ditunjang dengan alat dan bahan yang digunakan. Berikut rincian dari alat dan bahan yang digunakan dalam penyelesaian proyek akhir.

Tabel 2. Rincian Bahan Yang Digunakan Dalam Penyelesaian Proyek Akhir

No	Bahan	Spesifikasi	Type/Merk	Jumlah
1	MCB 1 Phase	220V, 4A	<i>Schneider</i>	3 buah
2	MCB 3 Phase	400V, 16A	<i>Schneider</i>	1 buah
3	<i>Magnetic Contactor</i>	SN-21	<i>Mitsubishi</i>	3 buah
4	<i>Thermal OverLoad Relay</i>	Model TH-N12	<i>Mitsubishi</i>	1 buah
5	<i>Time Delay Relay</i>	H3BA-8, 200/220/240 VAC, 50/60 Hz, 5A		2 buah
		H3CR, 200/220/240		2 buah

		VAC, 50/60 Hz, 5A		
6	Trafo Arus (CT)	50/5 A, 1.5 VA	<i>Otto</i>	3 buah
7	<i>Push Button</i>	250-600 VAC, 6 A	<i>Cyber</i>	4 buah
8	<i>Jogging Switch</i>	250-600 VAC, 6 A	<i>Tend</i>	1 buah
9	<i>Selector Switch Ampere Meter</i>	300 VAC, 20A	<i>Otto</i>	1 buah
10	<i>Selector Switch Volt Meter</i>	300 VAC, 20A	<i>Otto</i>	1 buah
11	Volt Meter AC	0-500 VAC	<i>Otto</i>	1 buah
12	Ampere Meter AC	0-100 A	<i>Saji</i>	1 buah
13	<i>Switch Auto Manual</i>	300 VAC, 20A	<i>Klar Stern</i>	1 buah
14	Lampu Indikator	Warna Merah,hijau		@4 buah
15	<i>Emergency Stop</i>	250 VAC, 5 A	<i>Hanyoung</i>	1 buah
16	Kabel	NYAF 1,5 mm, Warna merah		Secukupnya
17	Kabel	NYAF 1,5 mm, Warna merah		Secukupnya
18	Kabel	NYAF 1,5 mm, Warna merah		Secukupnya
19	Kabel	NYAF 1,5 mm, Warna merah		Secukupnya
20	Sekrup			Secukupnya
21	Aneka Mur, Baut, dan Ring			Secukupnya
22	Frame Sliding			Secukupnya
23	Lem Alluminium			1 buah
24	Akrilik Putih Susu	Tebal 4 mm		1 Lembar
25	Akrilik Putih Bening	Tebal 1,5 mm		1 Lembar
26	Tenol			Secukupnya
27	<i>Banana Plug</i>	Warna Merah		70
		Warna Kuning		5
		Warna Hijau		51
		Warna Biru		23
28	Cat besi	Warna Orange		1 kaleng
29	Plat tembaga			Secukupnya
30	Isolasi bakar			Secukupnya

31	Skun Kabel	Warna Merah		Secukupnya
		Warna Kuning		Secukupnya
		Warna Biru		Secukupnya
		Warna Hitam		Secukupnya
32	Box Penyimpan			1 buah

Tabel 3. Rincian Alat Yang Digunakan Dalam Penyelesaian Proyek Akhir

No	Alat	Jumlah
1	Tang Potong	1 buah
2	Tang Kombinasi	1 buah
3	Tang Lancip	1 buah
4	Tang Skun	1 buah
5	Pengupas Kabel	1 buah
6	Soldier	1 buah
7	Atraktor	1 buah
8	Obeng +/-	@ 1 buah
9	Kunci Pas	1 buah
10	Gergaji besi	1 buah
11	Penggaris	1 buah
12	<i>Cutter</i>	1 buah
13	Kikir besi	1 buah
14	Bor	1 buah

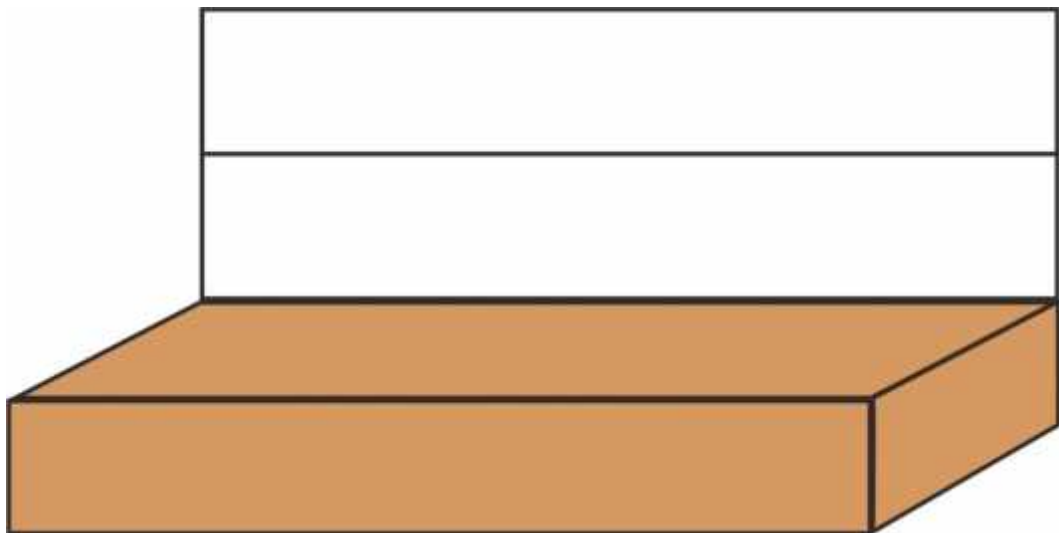
C. Konsep Rancangan Alat

Unit modul trainer praktik instalasi listrik industri dirancang menggunakan konsep modular yaitu masing-masing komponen dibuat secara terpisah, dilengkapi dengan nama komponen, keterangan dan simbol yang tepat berdasarkan standar *International Electronical 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 frame sliding dan dilengkapi dengan kotak penyimpanan sehingga dapat dengan mudah dipindah dan disimpan apabila sedang tidak digunakan.

Proses perancangan dan pembuatan trainer ini melalui beberapa tahapan. Tahap-tahap perancangan dan pembuatannya meliputi dari perancangan *frame sliding* dan box penyimpanan, perancangan modul-modul komponen.

1. Perancangan *Frame Sliding* dan *Box* Penyimpanan

Frame Sliding dibuat dari bahan aluminium yang berfungsi untuk meletakkan modul-modul trainer instalasi industri pada saat digunakan. Bahan *aluminium* tersebut terdiri atas *aluminium* kotak dengan ukuran 5 x 2,5 cm; 3 x 2,5 cm; dan aluminium bentuk “H” dengan ukuran 2 x 0,6 cm. *Aluminium-aluminium* tersebut dirangkai sedemikian rupa dengan menggunakan sekerup dan lem sehingga menjadi bentuk menyerupai *frame* kemudian *frame* tersebut digabung dengan box penyimpanan. Box penyimpanan terbuat dari kayu yang berbentuk kotak dengan ukuran 151 x 45 x 30 cm.



Gambar 31. Rancangan *frame sliding* dan *box* penyimpan

2. Perancangan Modul-Modul Komponen

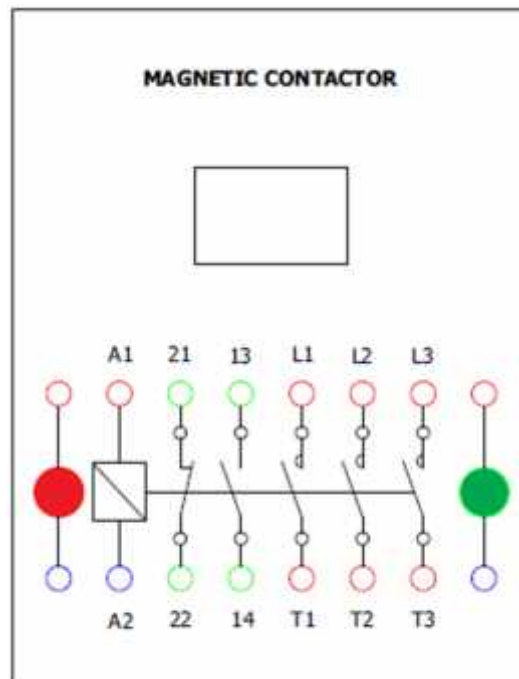
Proses perancangan modul-modul komponen instalasi industri dimulai dari perancangan gambar masing-masing komponen dengan menggunakan *software Autocad*. Setelah diperoleh gambar masing-masing komponen dilakukan proses pembuatan masing-masing komponen yaitu dengan memotong akrilik sesuai dengan ukuran gambar yang telah dibuat dan sablon simbol dari masing-masing modul komponen. Proses perencanaan dan pembuatan modul-modul komponen trainer hampir sama yaitu meletakkan masing-masing komponen pada akrilik kemudian terminal-terminal input dan output dari komponen tersebut dihubungkan pada terminal hubung *banana plug* yang telah dilengkapi dengan simbol dan keterangan dari komponen tersebut. Adapun penjelasan dari masing-masing modul komponen tersebut adalah sebagai berikut:

a. Modul *Magnetic Contactor*

Magnetic Contactor berfungsi sebagai saklar yang digunakan untuk menghubungkan ke beban motor listrik 3 phase. Sebuah *magnetic contactor* umumnya terdiri dari koil, 3 pole kontak utama dan beberapa kontak bantu tergantung tipe dari *magnetic contactor* tersebut. Perancang menggunakan magnetic contactor dengan tipe SN-21 yang terdiri dari 3 pole kontak utama dan 2 pole kontak bantu yang terdiri dari NC dan NO.

Semua kontak-kontak *magnetic contactor* tersebut dihubungkan pada terminal hubung *banana plug* yang dilengkapi dengan

keterangan, simbol dan notasi angka-angka dari masing-masing kontak. Selain itu modul ini dilengkapi lampu indikator yang berfungsi untuk mengetahui *magnetic contactor* tersebut dalam keadaan ON atau OFF.

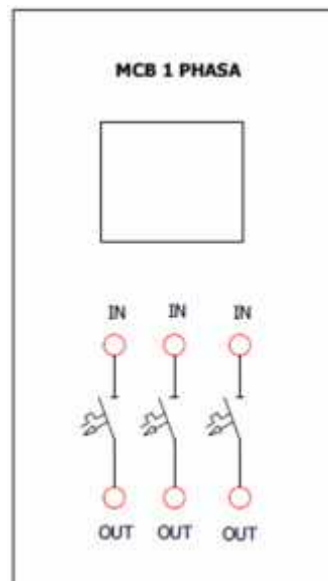


Gambar 32. Modul *Magnetic Contactor*

b. Modul MCB 1 phase

Pengaman dan pembatas arus dari sumber 1 phase dari PLN yang menuju *magnetic contactor* pada rangkaian kendali digunakan sedikitnya 1 buah MCB 1 phase. MCB 1 phase digunakan untuk mensupplay tegangan untuk rangkaian kendali. Modul MCB 1 phase tersebut didalamnya terdapat tiga buah.

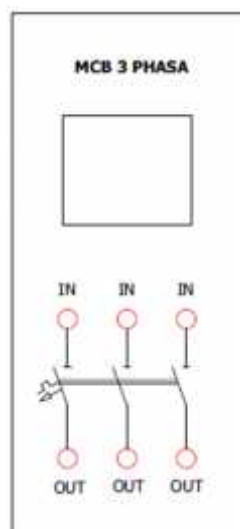
Input dan *Output* dari MCB tersebut dihubungkan pada terminal hubung *banana plug* dan masing-masing disertai dengan simbol MCB 1 phase.



Gambar 33. Modul MCB 1 Phase

c. Modul MCB 3 Phase

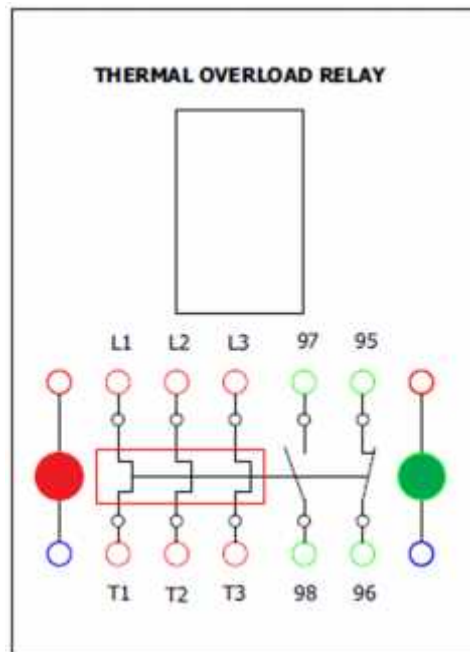
MCB 3 phase berfungsi sebagai pengaman dan pembatas arus dari PLN 3 phase akan mengalir ke beban. Input dan output dari MCB 3 phase ini dihubungkan pada terminal hubung *banana plug* serta dilengkapi dengan simbol dari MCB 3 phase.



Gambar 34. Modul MCB 3 Phase

d. Modul *Thermal Overload Relay* (TOR)

Thermal overload relay (TOR) adalah komponen pada instalasi tenaga listrik yang berfungsi sebagai pengaman instalasi terhadap beban lebih. Cara kerja *overload* adalah dengan memanfaatkan pelat *bimetal* yang akan memutus jika terjadi arus listrik melampaui batas kapasitasnya. Prinsip kerja ini hampir sama dengan cara kerja pada MCB untuk mengamankan arus lebih yang mengalir pada instalasi penerangan maupun tenaga (motor). 3 kaki utama pada *overload* dihubungkan ke sumber sumber tegangan 3 fasa melalui *magnetic contactor* dan 3 kaki utama lainnya dihubungkan ke terminal motor 3 phase. Pada *overload* terdapat kontak NO yaitu kaki 97-98 dan NC pada kaki 95-96. Trainer ini terdapat satu buah modul *thermal overload*. Kontak-kontak pada *thermal overload* ini dihubungkan pada terminal hubung *banana plug* serta dilengkapi dengan simbol dari *thermal overload*.



Gambar 35. Modul *Thermal Overload*

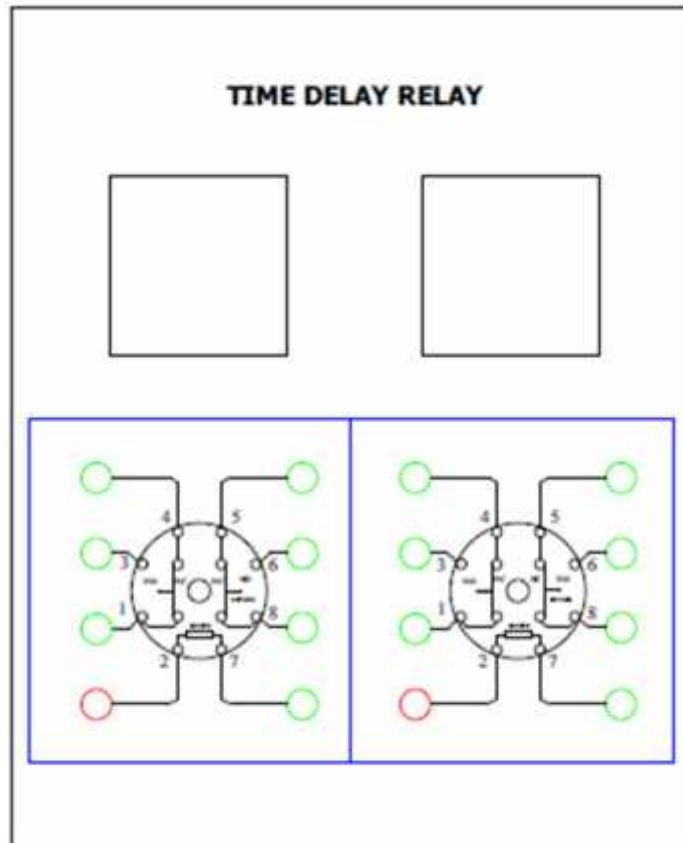
e. Modul *Time Delay Relay* (TDR)

Time delay relay atau relay penunda batas waktu banyak digunakan dalam instalasi motor listrik 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.

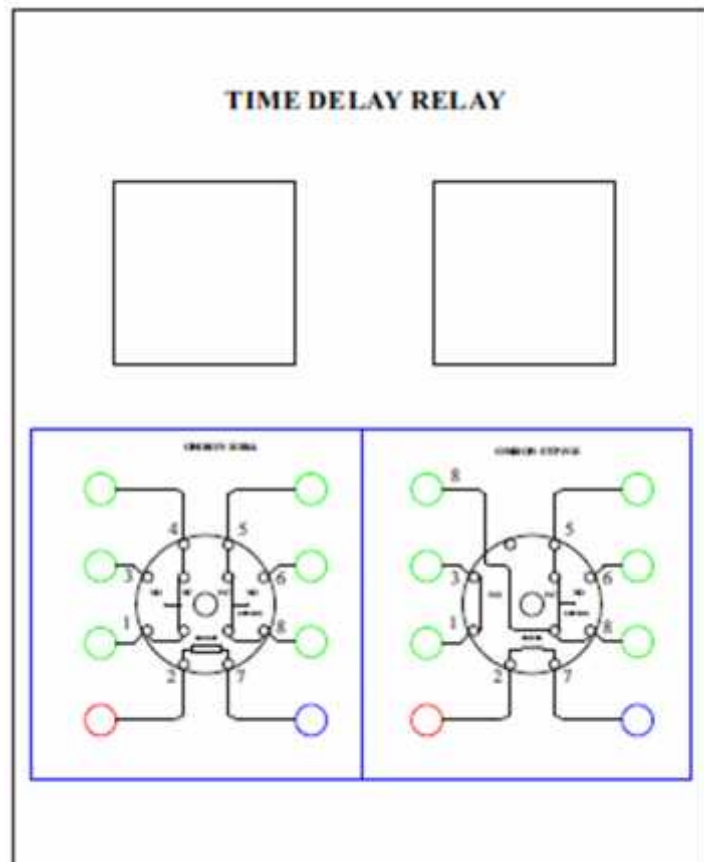
Pada umumnya timer memiliki 8 buah kaki yang 2 diantaranya merupakan kaki koil sebagai contoh pada gambar yaitu kaki 2 dan 7, sedangkan kaki yang lain akan berpasangan NO dan NC, kaki 1 akan NC dengan kaki 4 dan NO dengan kaki 3. Sedangkan kaki 8 akan NC dengan kaki 5 dan NO dengan kaki 6. Kaki kaki tersebut akan berbeda tergantung dari jenis *relay timer*-nya.

Kontak-kontak atau kaki timer tersebut kemudian dihubungkan

pada terminal hubung *banana plug* serta dilengkapi dengan simbol dari *time delay relay*.



Gambar 36. Modul *Time Delay Relay*



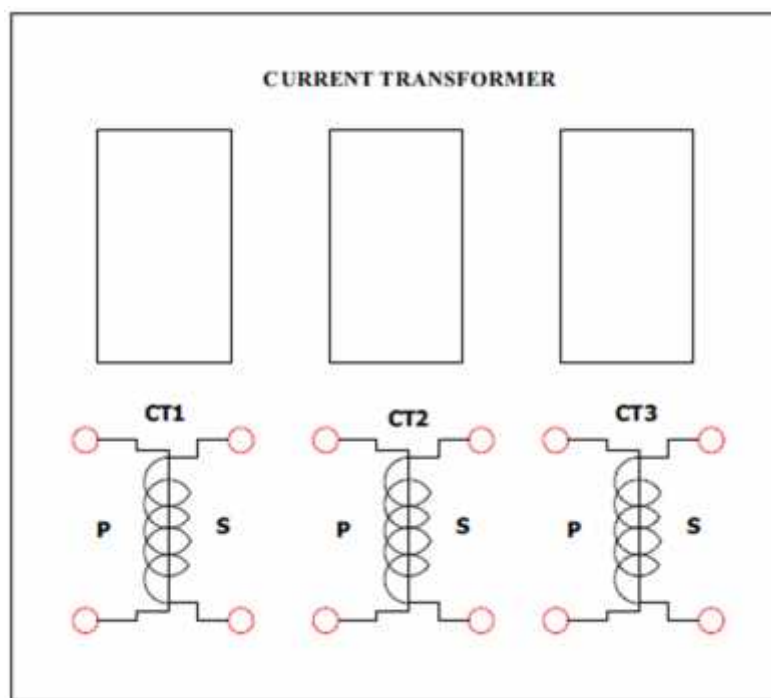
Gambar 37. Modul *Time Delay Relay By Relay*

f. Modul *Current Transformer* (CT)

Current transformer (CT) digunakan untuk pengukuran arus listrik. *Current Transformer* hampir sama dengan VT trafo tegangan atau sering di sebut dengan *Potential Transformer* (PT), keduanya di kenal dengan *instrument transformer*. Di saat arus terlalu tinggi dalam jaringan maka diperlukan CT untuk *converter* pembacaan pada alat ukur jadi yang digunakan *progresif* arus imbas dari hantaran dari sebuah rangkaian listrik bolak balik atau AC. Sebuah trafo arus menghasilkan konversi arus yang akurat untuk pembacaan alat ukur.

Trainer ini terdapat 1 buah modul *current transformer* yang

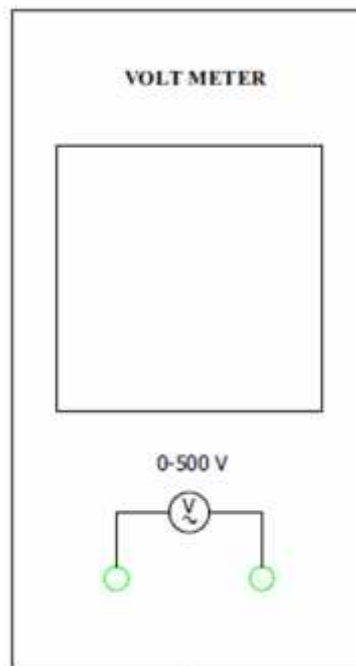
terdiri atas 3 buah current transformer yang nantinya digunakan untuk pengukuran arus listrik, yaitu dengan melewati kabel pada bagian primer trafo, kemudian masing-masing ujungnya dihubungkan dengan terminal hubung banana plug berupa input dan output pada bagian primer. Terminal sisi-sisi sekunder juga dihubungkan dengan terminal hubung *banana plug*.



Gambar 38. Modul *Current Transformer* (CT)

g. Modul *Voltmeter*

Voltmeter digunakan untuk mengetahui besarnya tegangan yang mengalir pada beban. Trainer ini menggunakan *voltmeter* dengan batas ukur antara 0-500 Volt. Terminal V1 dan V2 yang merupakan output dari *voltmeter* dihubungkan pada terminal hubung *banana plug* serta dilengkapi dengan simbol *voltmeter*.

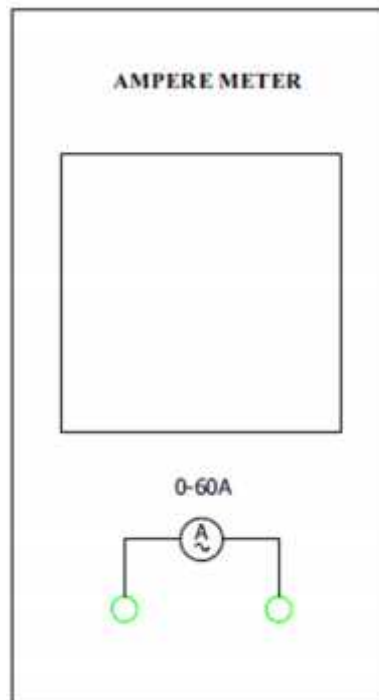


Gambar 39. Modul *Voltmeter*

h. Modul *Amperemeter*

Amperemeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur kuat arus listrik pada rangkaian tertutup. *Amperemeter* bekerja berdasarkan prinsip gaya magnetik (gaya *Lorentz*). Ketika arus mengalir melalui kumparan yang dilingkupi oleh medan magnet timbul gaya *Lorentz* yang menggerakkan jarum penunjuk menyimpang.

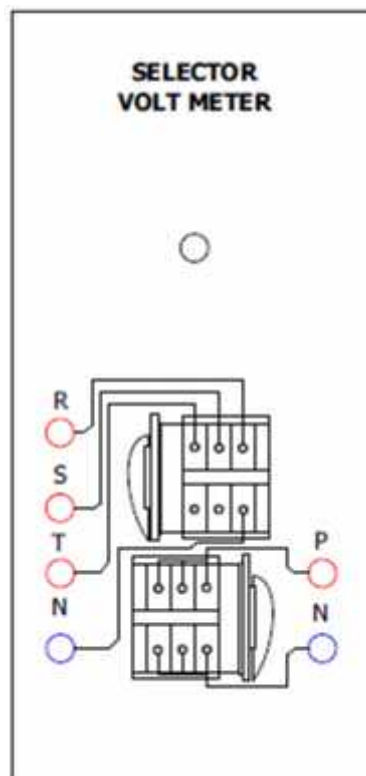
Trainer ini menggunakan *amperemeter* dengan batas ukur antara 0-60 A. Terminal A1 dan A2 yang merupakan output dari ampere meter dihubungkan pada terminal hubung *banana plug* serta dilengkapi dengan simbol *amperemeter*.



Gambar 40. Modul *Amperemeter*

i. Modul *Selector Switch Voltmeter*

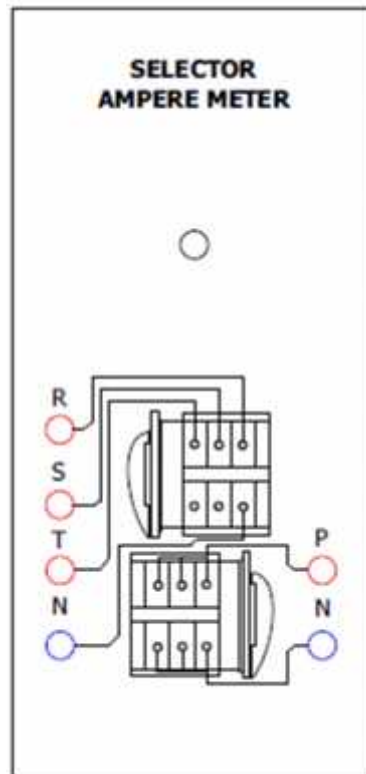
Modul *Switch Voltmeter* berfungsi untuk memilih parameter tegangan yang akan diukur pada volt meter. Parameter tegangan yang diukur meliputi tegangan antar phasa maupun tegangan antar phasa dengan netral. Modul *switch voltmeter* ini terdapat 6 buah keluaran yang masing-masing dihubungkan ke dalam terminal hubung *banana plug*, 4 keluaran menuju ke phase R, S, T, N, sedangkan 2 keluaran menuju ke output *voltmeter* V1 dan V2.



Gambar 41. Modul *Selector Switch Voltmeter*

j. Modul *Selector Switch Amperemeter*

Modul *Switch Amperemeter* hampir sama dengan modul *Switch Voltmeter*, tetapi berbeda fungsinya. Switch Ampere meter berfungsi untuk memilih parameter kuat arus yang akan diukur pada *amperemeter*. Parameter *ampere* yang diukur meliputi tegangan antar fasa maupun tegangan antar fasa dengan netral. Modul *switch voltmeter* ini terdapat 6 buah keluaran yang masing-masing dihubungkan ke dalam terminal hubung *banana plug*, 4 keluaran menuju ke phase R, S, T, N, sedangkan 2 keluaran menuju ke output *amperemeter* A1 dan A2.

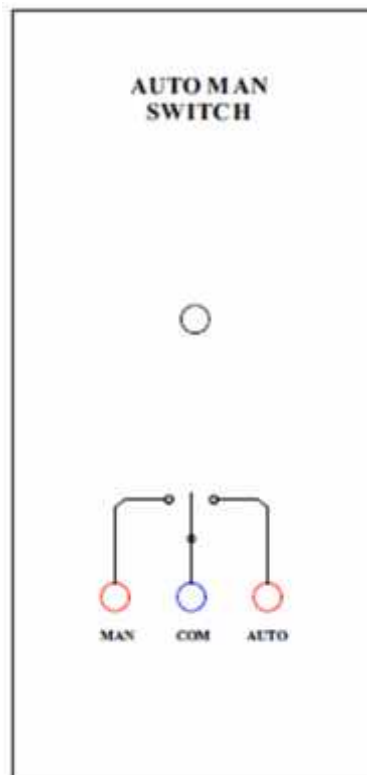


Gambar 42. Modul *Selector Switch Amperemeter*

k. Modul *Selector Switch Auto-Manual*

Modul *Switch Auto-Manual* berfungsi untuk memilih mode pengoperasian trainer instalasi industri. Modul *switch auto-manual* digunakan dalam memilih mode pengoperasian yaitu jika kita memilih mode pengoperasian otomatis, maka *switch auto-manual* diarahkan ke “AUTO”, dan jika mode pengopersian manual maka switch Auto-Manual diarahkan ke “MAN”.

Output dari *switch auto-manual* ada 3 buah keluaran yang masing-masing dihubungkan ke dalam terminal hubung *banana plug*.



Gambar 43. Modul *Selector Switch Auto-Manual*

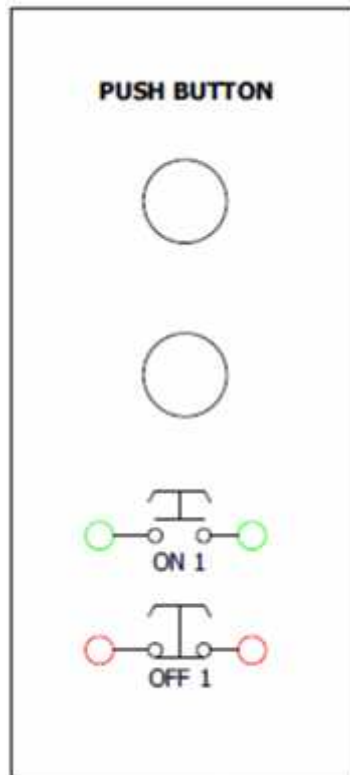
1. Modul *Push Button*

Push button adalah saklar tekan yang berfungsi untuk menghubungkan atau memisahkan bagian – bagian dari suatu instalasi listrik satu sama lain. *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* dan kontak NO akan berfungsi sebagai *start* biasanya digunakan pada sistem pengontrolan motor – motor induksi untuk menjalankan mematikan motor pada industri – industri.

Push button memiliki dua buah output yaitu NC (*normally close*)

dan NO (*normally open*). NC dan NO ini kemudian dihubungkan ke dalam terminal hubung *banana plug*.

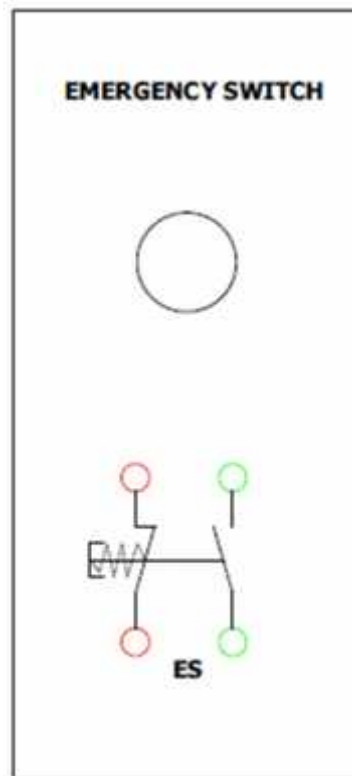


Gambar 44. Modul *Push Button*

m. Modul *Emergency Stop*

Emergency Stop merupakan jenis saklar yang apabila di tekan akan terkunci dan untuk melepaskannya harus di putar, disebut *emergency stop* untuk memudahkan pengguna mengetahui fungsi saklar ini yaitu untuk mematikan sistem secara darurat.

Emergency Stop memiliki dua buah output yaitu NC (*normally close*) dan NO (*normally open*). NC dan NO ini kemudian dihubungkan ke dalam terminal hubung *banana plug*.



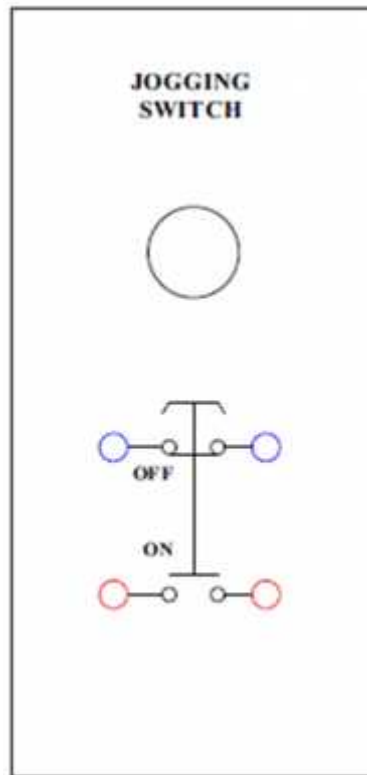
Gambar 45. Modul *Emergency Stop*

n. Modul *Jogging Switch*

Jogging Switch merupakan jenis saklar yang prinsip kerjanya sama dengan saklar *emergency stop*, bedanya hanya pada cara pengoperasiannya. *Jogging switch* digunakan untuk mengurangi arus starting tinggi yang berulang-ulang yang ditimbulkan oleh penggerakan motor sebentar sehingga menyebabkan pemanasan berlebih pada motor. *Jogging switch* pengoperasiannya dengan cara ditekan seperti *push button*, sedangkan *emergency stop* diputar.

Cara *Jogging switch* bekerja adalah pada motor yang berjalan apabila saklar *jogging* ditekan maka motor akan berhenti, dan apabila dilepas motor akan berputar kembali. *Jogging switch* mempunyai 2

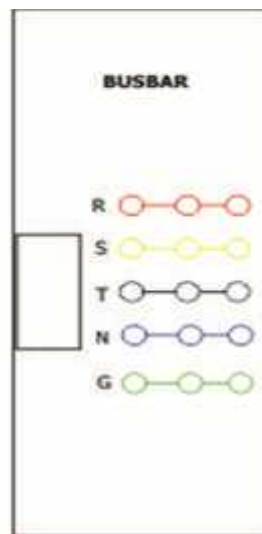
kontak yaitu kontak NO (*Normally Open*) dan NC (*Normally Close*). NC dan NO ini kemudian dihubungkan ke dalam terminal hubung *banana plug*.



Gambar 46. Modul *Jogging Switch*

o. Modul *Busbar*

Modul *busbar* digunakan untuk menghubungkan supply tegangan PLN dengan MCB. Modul busbar ini terdapat terminal dengan *banana plug* yang terdiri atas sumber R, S, T, N dan G. Output masing-masing sumber dihubungkan dengan *banana plug*.



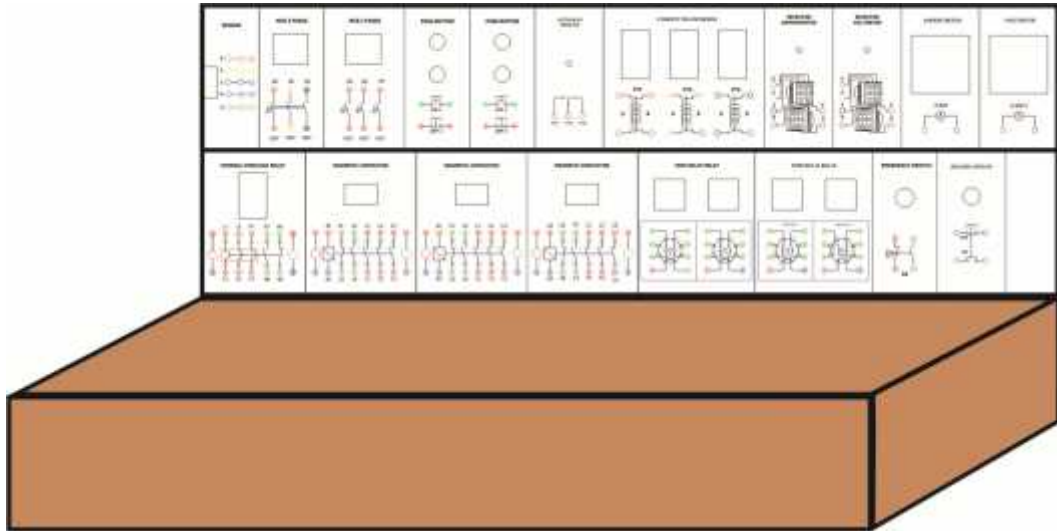
Gambar 47. Modul *Busbar*

D. Implementasi

Terpenuhinya semua kebutuhan dan konsep perancangan yang telah diuraikan di atas maka trainer Instalasi Listrik Industri ini diharapkan dapat membantu mahasiswa dalam memahami bagaimana proses instalasi listrik industri khususnya pada kendali motor induksi 3 phase.

Penggunaan konsep modular dengan simbol dan keterangan yang jelas dan mudah dipahami sehingga trainer ini sangat layak digunakan sebagai media pembelajaran. Hal ini dikarenakan dengan konsep modular trainer ini dapat dengan mudah dirangkai secara berulang-ulang dan dapat dengan mudah diperbaiki apabila terjadi kesalahan dalam merangkai. Penggunaan *frame sliding* untuk meletakkan modul-modul menjadi nilai lebih tersendiri karena dapat dengan mudah memilih dan memindah modul yang akan digunakan sesuai dengan simulasi yang akan dilakukan. Selain itu trainer ini juga dilengkapi dengan *box* penyimpanan yang berfungsi untuk menjaga keawetan dan mempermudah pendistribusian trainer ini ke tempat lain. Implementasi

dari konsep rancangan trainer Instalasi Listrik Industri dilengkapi dengan *frame sliding* dan *box* penyimpanannya adalah sebagai berikut:



Gambar 48. Tata Letak Modul Trainer

E. Perencanaan Pengujian

1. Uji Teknis

Uji teknis dilakukan bertujuan untuk mengetahui kondisi instalasi dan kinerja komponen dari masing-masing modul pada trainer ini. Langkah-langkah dalam uji teknis adalah sebagai berikut:

- a. Pengecekan instalasi yang terpasang pada setiap modul trainer Instalasi Listrik Industri.
- b. Pengecekan kinerja dari komponen-komponen yang terpasang pada setiap modul trainer Instalasi Listrik Industri.
- c. Pengukuran pada tiap-tiap komponen untuk mengetahui kondisi dan kerja komponen.

Tabel rencana data pengujian dan kesimpulan dari hasil uji teknis pada masing-masing modul Trainer Instalasi Listrik Industri adalah

sebagai berikut:

Tabel 4. Data Pengujian Teknis Modul Trainer Instalasi Listrik Industri

No	Nama Modul	Data Pengujian
1	Modul <i>Magnetic Contactor</i>	
2	Modul MCB 1 Phase	
3	Modul MCB 3 Phase	
4	Modul <i>Thermal Overload Relay</i>	
5	Modul <i>Time Delay Relay</i>	
6	Modul <i>Current Transformer</i>	
7	Modul <i>Volt Meter</i>	
8	Modul <i>Ampere Meter</i>	
9	Modul <i>Select Switch Volt Meter</i>	
10	Modul <i>Select Switch Ampere Meter</i>	
11	Modul <i>Select Switch Auto-Man</i>	
12	Modul <i>Push Button</i>	
13	Modul <i>Emergency Stop</i>	
14	Modul <i>Jogging Switch</i>	

Tabel 5. Kesimpulan Pengujian Uji Teknis Modul Trainer Instalasi Listrik Industri

No	Nama Modul	Kondisi Instalasi dan Kinerja Komponen	
		BAIK	RUSAK
1	Modul <i>Magnetic Contactor</i>		
2	Modul MCB 1 Phase		
3	Modul MCB 3 Phase		
4	Modul <i>Thermal Overload Relay</i>		
5	Modul <i>Time Delay Relay</i>		
6	Modul <i>Current Transformer</i>		
7	Modul <i>Volt Meter</i>		
8	Modul <i>Ampere Meter</i>		
9	Modul <i>Select Switch Volt Meter</i>		
10	Modul <i>Select Switch Ampere Meter</i>		
11	Modul <i>Select Switch Auto-Man</i>		
12	Modul <i>Push Button</i>		
13	Modul <i>Emergency Stop</i>		
14	Modul <i>Jogging Switch</i>		

2. Uji Fungsi dan Unjuk Kerja

Tujuan dari pengujian adalah untuk mengetahui fungsi dari unjuk kerja dari trainer setelah masing-masing modul dirangkai sesuai petunjuk pada modul praktik instalasi listrik industri.

Alat –alat yang digunakan untuk proses pengujian trainer instalasi industri antara lain:

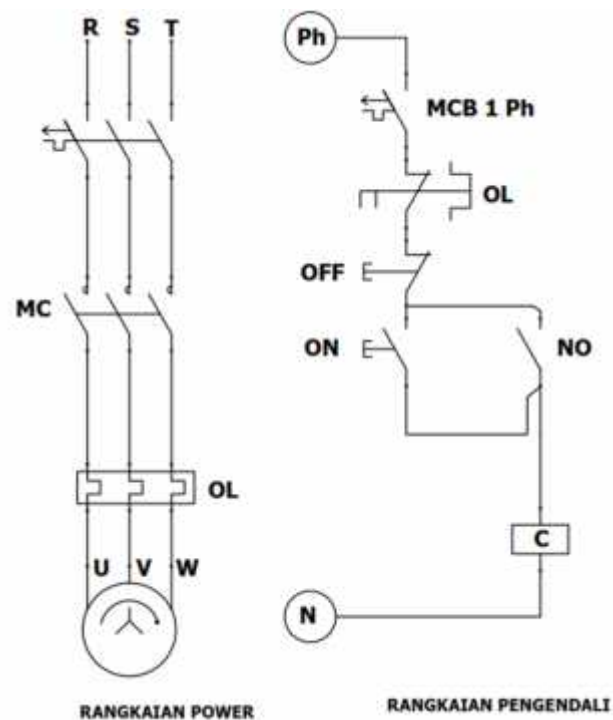
- a. Sumber tegangan 3 phase
- b. Kabel penghubung
- c. Multimeter
- d. Modul instalasi industri
- e. Motor 3 phase

Adapun langkah-langkah sebelum proses pengujian adalah sebagai berikut:

- 1) Meletakkan masing-masing modul tiap simulasi pada *frame sliding*.
- 2) Merangkai dan menghubungkan masing-masing modul pada tiap simulasi sesuai dengan gambar rangkaian menggunakan kabel penghubung.
- 3) Menyiapkan unit beban, dalam hal ini adalah motor induksi 3 phase.
- 4) Melakukan pengecekan ulang rangkaian apakah sudah sesuai dengan gambar rangkaian.
- 5) Setelah dilakukan pengecekan, menyalakan MCB.

6) Setelah Modul hidup dan modul instalasi listrik industri siap digunakan, maka langkah selanjutnya mengacu pada table pengujian berikut ini:

a) Pengujian dan Pengamatan pada Kendali Motor 3 Phase Mode Manual

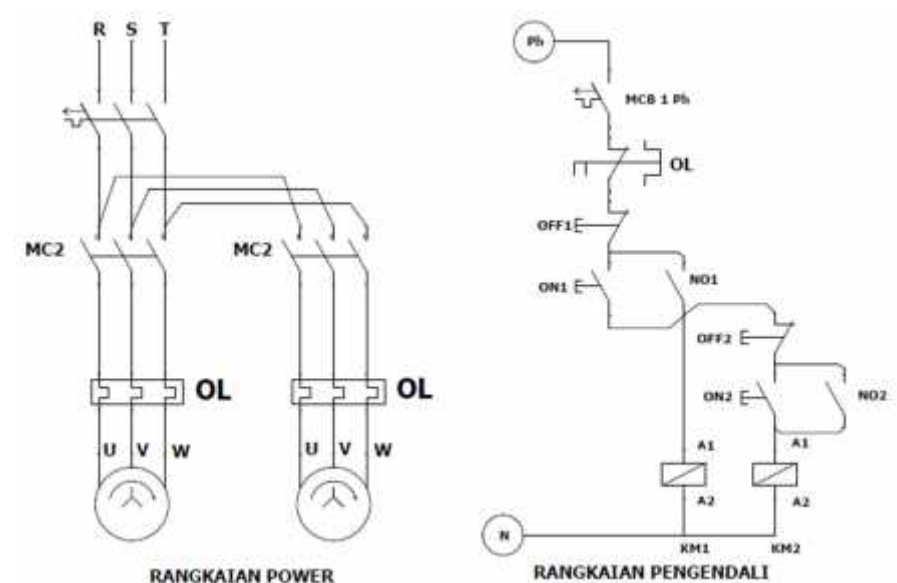


Gambar 49. Rangkaian Kendali Motor 3 Phase Manual

Tabel 6. Pengujian kendali motor 3 phase mode manual

Mode	Aksi	Proses	Keterangan
Manual	Aksi	MCB 1 phase "ON"	
	Aksi	Push button "ON" ON	
	Aksi	Push button "OFF" OFF	
	Aksi	MCB 3 phase "ON"	
	Aksi	Push button "ON" ON	
	Aksi	Push button "OFF" OFF	
	Aksi	MCB 3 phase "OFF"	
	Aksi	MCB 1 phase "OFF"	

b) Pengujian dan Pengamatan Pada Kendali Motor 3 Phase
Berurutan Mode Manual

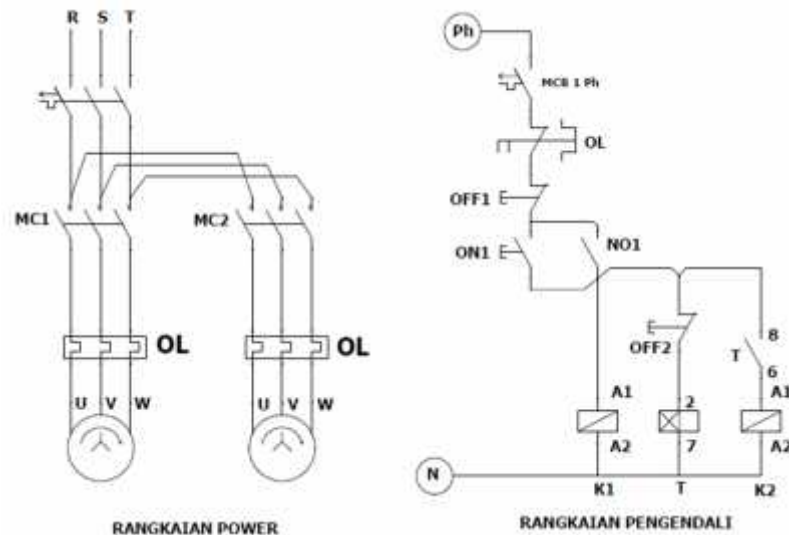


Gambar 50. Rangkaian Pengaturan Putaran Motor 3 Phase Berurutan Mode Manual

Tabel 7. Pengujian Kendali Motor 3 Phase Berurutan Mode Manual

Mode	Aksi	Proses	Keterangan
Manual	Aksi	MCB 1 phase "ON"	
	Aksi	Push button ON1 "ON"	
	Aksi	Push button ON2 "ON"	
	Aksi	Push button OFF2 "OFF"	
	Aksi	MCB 3 phase "ON"	
	Aksi	Push button ON1 "ON"	
	Aksi	Push button ON2 "ON"	
	Aksi	Push button OFF1 "OFF"	
	Aksi	MCB 3 phase "OFF"	
	Aksi	MCB 1 phase "OFF"	

c) Pengujian dan Pengamatan Pada Kendali Motor 3 Phase Berurutan Mode Otomatis

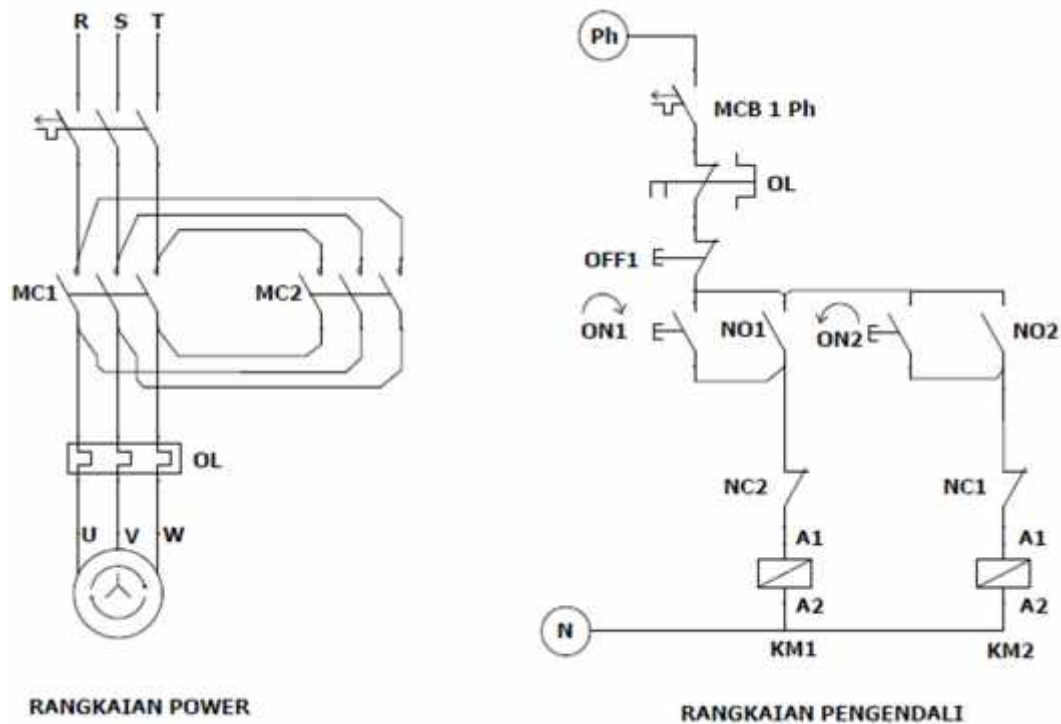


Gambar 51. Rangkaian Pengaturan Putaran Motor 3 Phase Berurutan Mode Otomatis

Tabel 8. Pengujian Kendali Motor 3 phase Berurutan Mode Otomatis

Mode	Aksi	Proses	Keterangan
Otomatis	Aksi	Setting timer “5s”	
	Aksi	MCB 1 phase “ON”	
	Aksi	Push button NO “ON”	
	Operasi	TDR aktif	
	Aksi	Push button NC “OFF”	
	Aksi	MCB 3 phase ON	
	Aksi	Push button NO “ON”	
	Operasi	TDR aktif	
	Aksi	Push button NC “OFF”	
	Aksi	MCB 3 phase “OFF”	
	Aksi	MCB 1 phase “OFF”	

d) Pengujian dan Pengamatan Pada Kendali Motor 3 Phase Putar Kanan-Putar Kiri Mode Manual



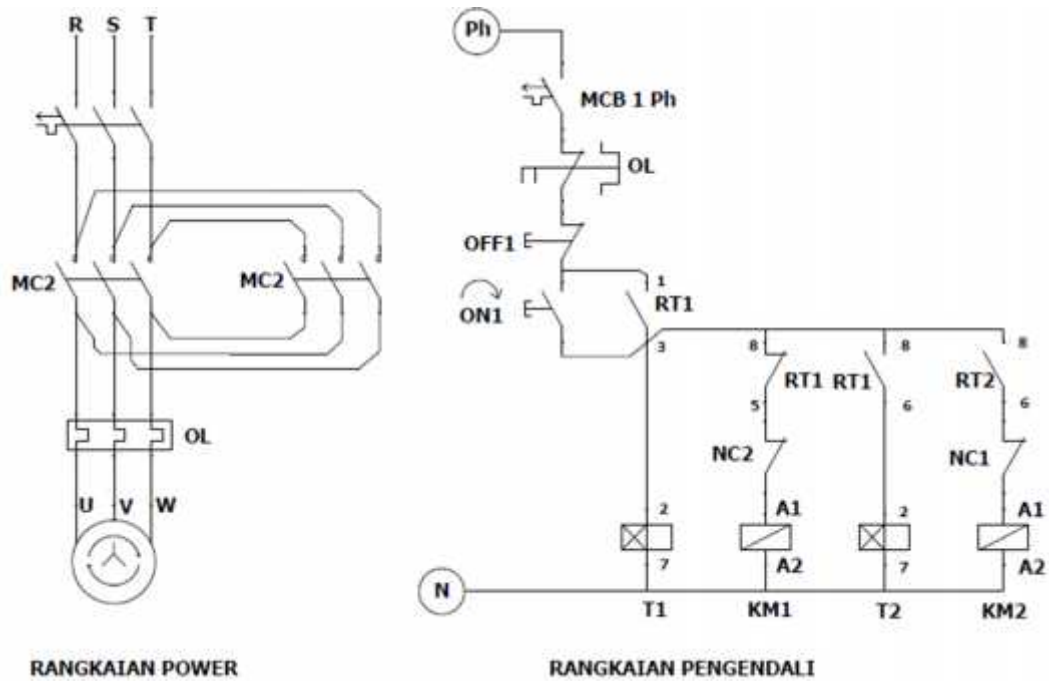
Gambar 52. Rangkaian Pengaturan Putaran Motor 3 Phase Putar Kanan- Kiri Secara Manual

Tabel 9. Pengujian Kendali Motor 3 Phase Putar Kanan-Putar Kiri Mode Manual

Mode	Aksi	Proses	Keterangan
Manual	Aksi	MCB 1 phase "ON"	
	Aksi	Push button ON1 "ON"	
	Aksi	Push button ON2 "ON"	
	Aksi	Push button OFF1 "OFF"	
	Aksi	MCB 3 phase ON	
	Aksi	Push button ON1 "ON"	
	Aksi	Push button ON2 "ON"	
	Aksi	Push button OFF1 "OFF"	
	Aksi	MCB 3 phase "OFF"	
	Aksi	MCB 1 phase "OFF"	

e) Pengujian dan Pengamatan Pada Kendali Motor 3 Phase Putar

Kanan-Putar Kiri Mode Otomatis

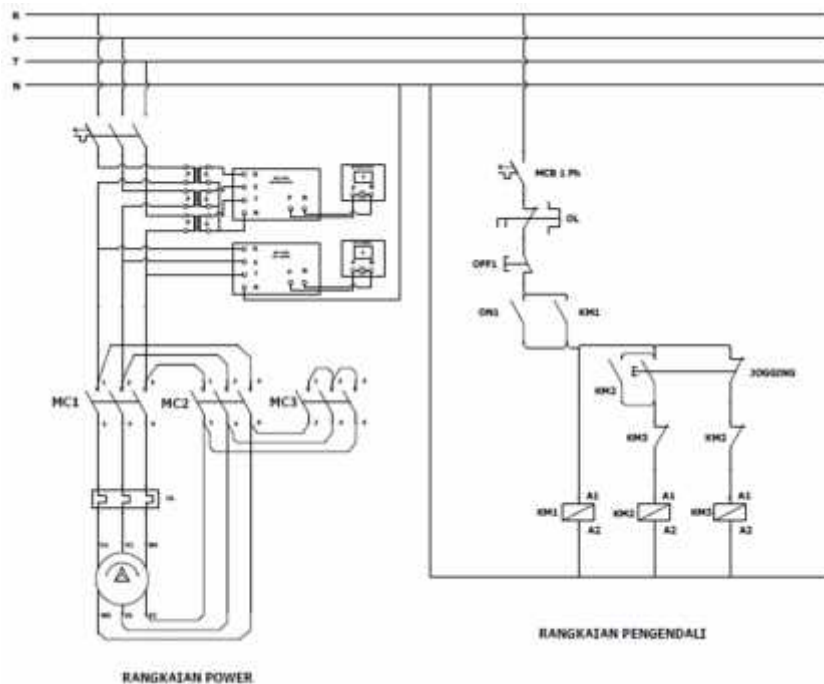


Gambar 53. Rangkaian Pengaturan Putaran Motor 3 Phase Putar kanan-Kiri Secara Otomatis

Tabel 10. Pengujian Kendali Motor 3 Phase Putar Kanan-Putar Kiri Mode Manual

Mode	Aksi	Proses	Keterangan
Otomatis	Aksi	Setting timer "5s"	
	Aksi	MCB 1 phase "ON"	
	Aksi	Push button ON1 "ON"	
	Operasi	TDR aktif	
	Aksi	Push button OFF1 "OFF"	
	Aksi	MCB 3 phase ON	
	Aksi	Push button ON1 "ON"	
	Operasi	TDR aktif	
	Aksi	Push button OFF1 "OFF"	
	Aksi	MCB 3 phase "OFF"	
	Aksi	MCB 1 phase "OFF"	

f) Pengujian dan Pengamatan Pada Kendali Motor 3 Phase Star-Delta Mode Manual

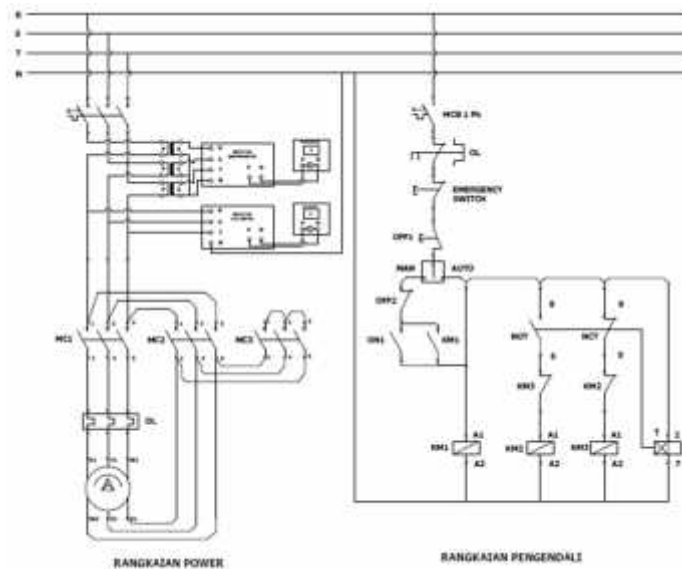


Gambar 54. Rangkaian Motor 3 Phase Star– Delta Manual

Tabel 11. Pengujian Kendali Motor 3 phase Star-Delta Mode Manual

Mode	Aksi	Proses	Keterangan
Manual	Aksi	Setting timer “5s”	
	Aksi	MCB 1 phase “ON”	
	Aksi	Push button ON1 “ON”	
	operasi	TDR aktif	
	Aksi	Push button OFF1 “OFF”	
	Aksi	MCB 3 Phase ON	
	Aksi	Push button ON1 “ON”	
	operasi	TDR aktif	
	Aksi	Push button OFF1 “OFF”	
	Aksi	MCB 3 phase “OFF”	
	Aksi	MCB 1 phase “OFF”	

g) Pengujian dan Pengamatan Pada Kendali Motor 3 Phase Strs-Delta Mode Otomatis



Gambar 55. Rangkaian Motor 3 Phase Star– Delta Auto-Manual

Tabel 12. Pengujian Kendali Motor 3 phase Star-Delta Mode Otomatis

Mode	Aksi	Proses	Keterangan
Otomatis	Aksi	Setting Timer “5s”	
	Aksi	MCB 1 phase “ON”	
	Aksi	Switch Auto-man diarahkan ke “auto”	
	Operasi	TDR aktif	
	Aksi	Switch Auto-man diarahkan ke “OFF”	
	Aksi	MCB 3 phase ON	
	Aksi	Switch Auto-man diarahkan ke “auto”	
	Operasi	TDR aktif	
	Aksi	Switch Auto-man diarahkan ke “OFF”	
	Aksi	MCB 3 phase “OFF”	
	Aksi	MCB 1 phase “OFF”	

h) Pengukuran Motor Operasi Star-Delta Mode Auto-Manual

Tabel 13. Pengukuran motor operasi star-delta mode auto-manual

No	Motor	Arus (Ampere)						Tegangan (Volt)			
		start			Delta			Start		Delta	
		R	S	T	R	S	T	Phase-Phase	Phase-Netral	Phase-Phase	Phase-Netral
1	1HP, 0.75 kW, 220/380V, 3.5/2.0A, 50 Hz, 1380rpm										

3. Uji Kelayakan

Tingkat kelayakan modul trainer Instalasi Listrik Industri ini sebagai media pembelajaran dilihat dari aspek ergonomis dalam penggunaan, maka diperlukan penilaian dari pengguna. Responden yang dilibatkan dalam pengambilan data adalah mahasiswa Jurusan Pendidikan Teknik Elektro yang merupakan pengguna dari trainer ini.

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa data angket yang diambil dari mahasiswa. Kisi-kisi instrument yang dikembangkan untuk pengambilan data meliputi: (1) aspek estetika (2) aspek ergonomis (3) aspek keamanan, kesehatan dan keamanan (4) aspek penggunaan.

Tabel 14. Kisi-kisi Instrumen Penggunaan Modul Trainer Instalasi Listrik Industri Oleh Mahasiswa

No	Aspek	Indikator	No.Butir
1	Estetika	<ul style="list-style-type: none"> - Keserasian tata letak trainer - Warna trainer - Kejelasan simbol dan keterangan 	1 2 3
2	Ergonomis	<ul style="list-style-type: none"> - Bentuk dan posisi trainer - Kesesuaian dimensi trainer 	4 5
3	Keamanan, Kesehatan dan keselamatan	<ul style="list-style-type: none"> - Penggunaan bahan - Penggunaan komponen - Instalasi komponen - Peralatan pendukung 	6 7 8 9
4	Penggunaan	<ul style="list-style-type: none"> - Kemudahan merangkai - Kemudahan mengoperasikan - Kemudahan menata - Kemudahan menyimpan dan memindah 	10,11 12 13 14

Teknik analisis data yang dilakukan adalah menggunakan deskriptif kuantitatif yaitu memaparkan produk kepada responden untuk diuji tingkat kelayakan dari produk tersebut. Data yang bersifat komunikatif diproses dengan jumlah yang diharapkan dan diperoleh persentase (Arikunto, 1996: 245) atau dapat ditulis dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Presentase kelayakan (\%)} = \frac{\text{Skor yang diobservasi}}{\text{Skor yang diharapkan}} \times 100 \%$$

Data yang terkumpul dianalisis dengan teknik analisis deskriptif kuantitatif yang diungkapkan dalam distribusi skor dan persentase terhadap kategori skala penilaian yang telah ditentukan. Setelah penyajian

dalam bentuk persentase, langkah selanjutnya mendeskriptifkan dan mengambil kesimpulan tentang masing-masing indikator.

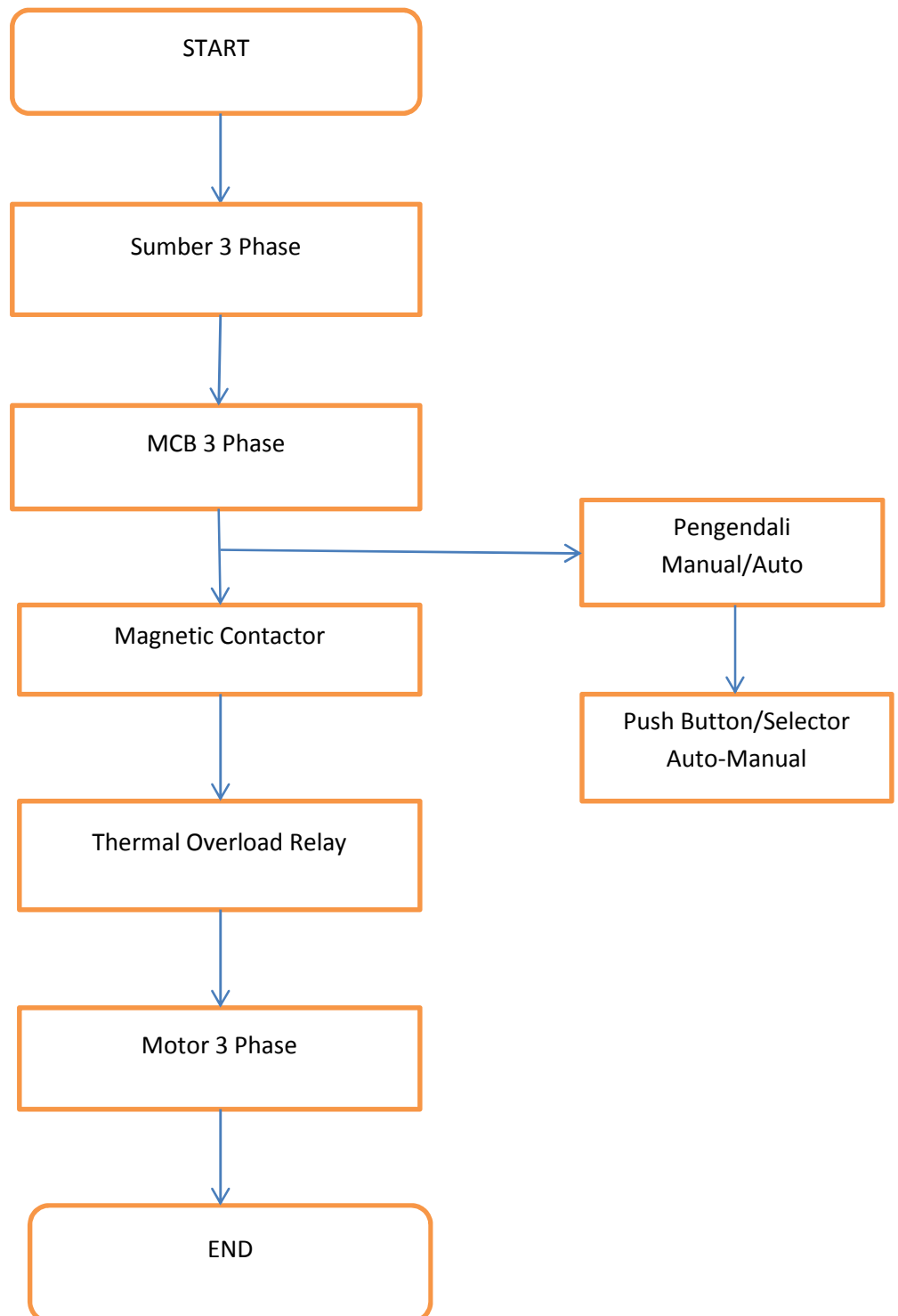
Tabel 15. Skala Persentase Kategori Penilaian menurut Suharsimi

Arikunto(1991:196)

Persentase Pencapaian	Skala Nilai	Interprestasi
76% - 100%	4	Baik
56% - 75%	3	Cukup
40% - 55%	2	Kurang Baik
< 40%	1	Tidak Baik

F. Petunjuk Pemakaian

Modul trainer instalasi listrik industri digunakan untuk pengendalian motor induksi 3 phase. Pengoperasian modul trainer instalasi listrik industri secara umum dapat difungsikan dengan dua cara, yaitu secara manual dan otomatis. Pengoperasian dengan mode manual yaitu dengan menggunakan tombol tekan (*push button*), dalam hal ini masih menggunakan bantuan operator. Sedangkan pengoperasian dengan mode otomatis dengan menggunakan *selector auto-manual* dan memakai komponen *time delay relay* (TDR) untuk mengatur jeda waktu perpindahan dari satu operasi ke operasi berikutnya. Jadi operator tidak perlu repot-repot untuk menekan tombol tekan (*push button*) seperti pada pengoperasian dengan mode manual. Berikut ini flowchart pengoperasian trainer instalasi listrik industri:



Gambar 56. Flowchart Pengoperasian Trainer

BAB IV

HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Pengujian dan pengambilan data pada Modul Trainer Instalasi Listrik Industri ini meliputi pengujian teknis alat, pengujian fungsi dan unjuk kerja, serta pengujian tingkat kelayakan alat.

A. Pengujian Produk

Tujuan pengujian dan pengambilan data adalah untuk mengetahui tingkat kelayakan modul trainer instalasi listrik industri ini sebagai media atau alat pembelajaran dilihat dari segi teknis, fungsi dan unjuk kerja, serta tingkat kelayakan dari segi ergonomis pengguna. Dari hasil pengamatan dan pengambilan data diharapkan dapat mengetahui kondisi dari alat tersebut, sehingga dengan pengujian yang dilakukan diperoleh data yang dapat digunakan sebagai acuan dalam mengambil kesimpulan terhadap alat tersebut.

1. Uji Teknis

a. Tempat Pengambilan Data

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

b. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam uji teknis unit modul trainer instalasi listrik industri ini adalah sebagai berikut:

- a) Sumber 3 Phase
- b) Kabel penghubung (kabel *jumper*)

c) Multimeter

d) Modul lampu pijar

c. Proses dan Hasil Pengujian

Proses pengujian modul trainer yaitu dengan cara mengamati, memeriksa dan menguji kinerja setiap komponen yang digunakan pada masing-masing modul. Proses dan data hasil pengamatan yang dilakukan pada masing-masing modul ini adalah sebagai berikut:

Tabel 16. Data Pengamatan Uji Teknis Modul Trainer Instalasi Industri

No	Nama Modul	Data Pengujian
1	Modul MCB 1 Phase	- Tuas MCB dinaikkan kemudian Input dan Output MCB dihubungkan ke multimeter yang telah disetting pada skala ohm meter, jarum multimeter akan menunjuk angka ke nol, dan pada saat tuas MCB diturunkan, jarum multimeter kembali ke posisi semula.
2	Modul MCB 3 Phase	- Seperti pada MCB 1 phase, Tuas MCB dinaikkan kemudian Input dan Output MCB tiap phase dihubungkan ke multimeter yang telah disetting pada skala ohm meter, jarum multimeter akan menunjuk angka ke nol, dan pada saat tuas MCB diturunkan, jarum multimeter kembali ke posisi semula.
3	Modul <i>Magnetic Contactor</i>	- MC pada keadaan OFF, kontak-kontak NC masih (tertutup), dihubungkan dengan multimeter yang telah disetting pada skala ohm meter, jarum multimeter akan menyimpang, sedangkan kontak-kontak NO (terbuka) dihubungkan ke multimeter, jarum tidak menyimpang. - MC pada keadaan ON, kontak-kontak NC akan terbuka, dihubungkan ke multimeter, jarum multimeter tidak menyimpang, sedangkan kontak-kontak NO akan menutup dan dihubungkan dengan multimeter, jarum akan menyimpang.
4	Modul <i>Thermal Overload Relay</i>	- <i>Thermal overload</i> pada keadaan OFF, kontak-kontak NC masih (tertutup), dihubungkan dengan multimeter yang telah disetting pada skala ohm meter, jarum multimeter akan menyimpang, sedangkan kontak-kontak NO (terbuka)

		<p>dihubungkan ke multimeter, jarum tidak menyimpang.</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Thermal</i> pada keadaan ON, kontak-kontak NC akan terbuka, dihubungkan ke multimeter, jarum multimeter tidak menyimpang, sedangkan kontak-kontak NO akan menutup dan dihubungkan dengan multimeter, jarum akan menyimpang.
5	Modul <i>Time Delay Relay</i>	<ul style="list-style-type: none"> - TDR pada keadaan OFF (tidak dihubungkan dengan tegangan), kontak-kontak NC masih (tertutup), dihubungkan dengan multimeter yang telah disetting pada skala ohm meter, jarum multimeter akan menyimpang, sedangkan kontak-kontak NO (terbuka) dihubungkan ke multimeter, jarum tidak menyimpang. - TDR pada keadaan ON (Coil dihubungkan dengan tegangan 220), setelah diatur waktu delaynya, kontak-kontak NC akan terbuka (NO), sedangkan kontak-kontak NO akan menutup (NC).
6	Modul <i>Current Transformer</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Terminal primer dan sekunder CT dihubungkan dengan multimeter yang sudah disetting pada skala ohm meter, jarum multimeter akan menyimpang ke nol.
7	Modul <i>Voltmeter</i> dan <i>Switch Voltmeter</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Modul <i>switch voltmeter</i> dan modul voltmeter dirangkai kemudian dihubungkan ke sumber tegangan 3 phase, voltmeter menunjuk 220 volt untuk pengukuran phase-netral, dan 380 volt untuk pengukuran phase-phase.
8	Modul Push Button	<ul style="list-style-type: none"> - Pengujian dilakukan dengan menggunakan multimeter, push button "ON" maka kontak NO (terbuka), jarum multimeter tidak menyimpang, apabila <i>push button</i> ditekan kontaknya NC (tertutup) jarum multimeter akan menyimpang ke nol. - Sama seperti <i>push button</i> ON, push button "OFF" maka kontak NC (tertutup), jarum multimeter akan menyimpang ke nol, apabila <i>push button</i> ditekan kontaknya NO (terbuka) jarum multimeter tidak menyimpang.
9	Modul Switch Auto-Manual	<ul style="list-style-type: none"> - Pengujian dilakukan dengan menggunakan multimeter skala ohm meter dan mengarahkan <i>switch</i>, saat pengujian <i>auto</i>, arahkan <i>switch</i> pada posisi auto, probe multimeter meter diarahkan pada terminal <i>common</i> dan <i>auto</i>, jarum multimeter akan menyimpang. Sedangkan pengujian manual, <i>probe</i> multimeter diarahkan pada terminal <i>common</i> dan manual, jarum multimeter akan

		menyimpang.
10	Modul <i>Jogging Switch</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Pengujian <i>jogging</i> dilakukan dengan multimeter skala ohm meter dan menekan tombol <i>jogging</i>, arahkan <i>probe</i> multimeter pada terminal <i>jogging</i>, pada posisi 0 (tidak ditekan), kontak NC(tertutup) jarum multimeter menyimpang, dan pada posisi (ditekan), kontak NO (terbuka) jarum multimeter tidak akan menyimpang.
11	Modul <i>Emergency Stop</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Pengujian ES dilakukan dengan multimeter skala ohm meter, menekan dan memutar tombol ES. - Pada posisi ES tidak ditekan, arahkan <i>probe</i> multimeter pada terminal NC ES, jarum multimeter akan menyimpang ke nol, dan pindah probe ke kontak NO ES, jarum multimeter tidak menyimpang. - Pada posisi ES ditekan, arahkan <i>probe</i> multimeter pada terminal NC ES, jarum multimeter tidak akan menyimpang, dan pindah probe ke kontak NO ES, jarum multimeter akan menyimpang ke nol.
12	<i>Switch Amperemeter</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Pengujian <i>switch amperemeter</i> menggunakan multimeter skala <i>ohmmeter</i> dan memindah range switch amperemeter, putar <i>range switch amperemeter</i> ke posisi R, probe multimeter diarahkan ke terminal OFF(<i>common</i>) dan R, jarum multimeter akan menyimpang, putar <i>range switch amperemeter</i> ke posisi S, probe multimeter diarahkan ke terminal OFF(<i>common</i>) dan S, jarum multimeter akan menyimpang, dan putar <i>range switch amperemeter</i> ke posisi T, probe multimeter diarahkan ke terminal OFF(<i>common</i>) dan T, jarum multimeter akan menyimpang.
13	<i>Amperemeter</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Pengujian <i>amperemeter</i> dilakukan dengan menggunakan rangkaian tertutup yang sudah dibebani (motor), terminal <i>amperemeter</i> dirangkai secara seri dengan mengambil salah satu phase, hidupkan rangkaian, jarum <i>amperemeter</i> akan menyimpang dan menunjuk angka pengukuran.

Berdasarkan data hasil pengujian dan kriteria uji teknis di atas, maka dapat disimpulkan bahwa kondisi instalasi dan kinerja komponen dari masing-masing modul pada trainer instalasi listrik industri ini sebagai berikut:

Tabel 17. Kesimpulan Pengujian Uji Teknis

No	Nama Modul	Kondisi Instalasi dan Kinerja Komponen	
		BAIK	RUSAK
1	Modul MCB 1 Phase		
2	Modul MCB 3 Phase		
3	Modul <i>Magnetic Contactor</i>		
4	Modul <i>Thermal Overload Relay</i>		
5	Modul <i>Time Delay Relay</i>		
6	Modul <i>Current Transformer</i>		
7	Modul <i>Voltmeter</i> dan <i>Switch Voltmeter</i>		
8	Modul <i>Push Button</i>		
9	Modul <i>Switch Auto-Manual</i>		
10	Modul <i>Jogging Switch</i>		
11	Modul <i>Emergency Stop</i>		
12	Switch <i>Amperemeter</i>		
13	<i>Amperemeter</i>		

2. Pengujian Fungsi dan Unjuk Kerja

a. Tempat Pengambilan Data

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

b. Alat dan Bahan

Alat – alat yang digunakan untuk proses pengujian antara lain:

- 1) Sumber tegangan 3 phase
- 2) Kabel penghubung
- 3) Multimeter
- 4) Modul pampu pijar
- 5) Motor 3 phase

Adapun langkah – langkah sebelum proses pengujian adalah sebagai berikut:

1. Meletakkan masing masing modul sesuai yang dibutuhkan pada masing – masing simulasi pada *frame sliding*.
2. Merangkai dan menghubungkan masing – masing modul sesuai dengan gambar rangkaian masing – masing simulasi dengan menggunakan kabel penghubung.
3. Setelah selesai merangkai dan modul instalasi listrik industri siap digunakan maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian masing – masing simulasi baik mode manual maupun mode otomatis.

Hasil pengujian unit trainer instalasi listrik industri yang telah dilakukan di Bengkel Instalasi Listrik adalah sebagai berikut:

a) Pengujian Kendali Motor 3 Phase Mode Manual

Tabel 18. Proses Pengujian Kendali Motor 3 Phase Mode Manual

Mode	Aksi	Proses	Keterangan
Manual	Aksi	MCB 1 phase “ON”	Sumber tegangan 1 phase terhubung.
	Aksi	<i>Push button</i> “ON” ON	<i>Magnetic contactor</i> terhubung.
	Aksi	<i>Push button</i> “OFF” OFF	<i>Magnetic contactor</i> tidak terhubung.
	Aksi	MCB 3 phase “ON”	Sumber tegangan 3 phase terhubung.
	Aksi	<i>Push button</i> “ON” ON	<i>Magnetic contactor</i> terhubung dan motor 3 phase akan berputar.
	Aksi	<i>Push button</i> “OFF” OFF	<i>Magnetic contactor</i> tidak terhubung dan motor 3 phase akan berhenti berputar.
	Aksi	MCB 3 phase “OFF”	Sumber tegangan 3 phase terputus.
	Aksi	MCB 1 phase “OFF”	Sumber tegangan 1 phase terputus.

Prinsip kerja dari kendali motor 3 phase dengan mode manual adalah sebagai berikut: MCB pada rangkaian power dan rangkaian pengendali dihidupkan, maka arus akan melewati NC *thermal overload* kemudian melewati tombol *push button* OFF1. Kemudian tombol *push button* ON1 ditekan maka arus akan menghidupkan *coil magnetic contactor* dan kontak-kontak (NO) pada *magnetic contactor* akan tertarik oleh magnet, dan kontak NO tadi akan menjadi NC sehingga arus akan mengalir ke kontak *overload* kemudian masuk ke terminal motor 3 phase, motor akan berputar. Meskipun tombol *push button* dilepas motor tidak akan mati, Karena pada *push button* ini diparalel dengan kontak bantu pada *magnetic contactor* yang berfungsi sebagai pengunci. Untuk menghentikan putaran motor yaitu dengan menekan tombol *push button* OFF1.

b) Pengujian Kendali Motor 3 Phase Berurutan Mode Manual

Tabel 19. Proses Pengujian Kendali Motor 3 Phase Berurutan Mode Manual

Mode	Aksi	Proses	Keterangan
Manual	Aksi	MCB 1 phase "ON"	Sumber tegangan 1 phase terhubung.
	Aksi	<i>Push button</i> "ON1"	<i>Magnetic contactor</i> (MC1) terhubung dengan sumber tegangan 1 phase dan lampu indikator pada coil menyala.
	Aksi	<i>Push button</i> "ON2"	<i>Magnetic contactor</i> (MC2) terhubung dengan sumber tegangan 1 phase dan lampu indikator pada coil menyala..
	Aksi	<i>Push button</i> "OFF"	<i>Magnetic contactor</i> MC1 dan MC2 tidak terhubung dengan sumber tegangan dan lampu indikator coil tidak menyala.

	Aksi	MCB 3 phase “ON”	Sumber tegangan 3 phase terhubung.
	Aksi	<i>Push button</i> “ON1”	<i>Magnetic contactor</i> (MC1) terhubung dan motor1 akan berputar.
	Aksi	<i>Push button</i> “ON2”	<i>Magnetic contactor</i> (MC1) terhubung dan motor2 akan berputar.
	Aksi	<i>Push button</i> “OFF”	<i>Magnetic contactor</i> MC1 dan MC2 tidak terhubung dengan sumber tegangan dan kedua motor akan berhenti berputar.
	Aksi	MCB 3 phase “OFF”	Sumber tegangan 3 phase terputus.
	Aksi	MCB 1 phase “OFF”	Sumber tegangan 1 phase terputus.

Prinsip dari kendali motor berurutan dengan mode manual yaitu dengan dioperasikan dengan bantuan operator, dalam hal ini yaitu dengan menekan tombol *push button* ON1 untuk menghidupkan motor 1 dan *push button* ON2 untuk menghidupkan motor 2. Dalam rangkaian ini motor 2 hidup setelah motor 1 hidup. Kerja dari rangkaian ini adalah MCB pada rangkaian pengendali maupun power dihidupkan, arus akan melewati kontak bantu *overload* NC (95-96) yang berfungsi sebagai pengaman motor jika terjadi beban lebih, kemudian arus melewati *push button* OFF1 yang berfungsi sebagai pemutus atau mematikan kerja dari motor 1. Ketika tombol ON1 ditekan, *coil* kontaktor1 akan bekerja dan menarik kontak-kontak utama sehingga kontak yang awalnya NO akan menjadi NC, dan arus dapat melewati kontaktor dan masuk ke *overload* sehingga motor 1 akan berputar. Selanjutnya untuk menghidupkan motor 2 yaitu dengan cara

menekan tombol *push button* ON2. Saat *push button* ON2 ditekan maka coil kontaktor magnet2 akan bekerja, dan menarik kontak-kontak (NO) sehingga kontak-kontak tersebut menjadi terhubung (NC) sehingga arus dapat mengalir ke *overload* dan mengalir ke motor 2 sehingga motor 2 akan berputar. Jika tombol *push button* OFF2 ditekan maka coil kontaktor 2 akan mati, sehingga kontak-kontak yang awalnya NC akan kembali ke posisi NO dan motor akan berhenti berputar. Tombol *push button* OFF1 digunakan untuk mematikan motor 1, sehingga jika *push button* OFF1 ditekan maka *coil* kontaktor 1 akan mati, dan kontak-kontak MC akan berubah menjadi NO, sehingga motor 1 akan berhenti berputar.

c) Pengujian Kendali Motor 3 Phase Berurutan Mode Otomatis

Tabel 20. Proses Pengujian Kendali Motor 3 Phase Berurutan Mode Otomatis

Mode	Aksi	Proses	Keterangan
Otomatis	Aksi	Setting <i>timer</i> “5s”	<i>Timer</i> ini sebagai <i>delay</i> waktu bekerja antara motor 3 phase yang pertama dengan motor 3 phase yang kedua.
	Aksi	MCB 1 phase “ON”	Sumber tegangan 1 phase terhubung.
	Aksi	<i>Push button</i> “ON1”	<i>Magnetic contactor</i> (MC1) terhubung dengan sumber tegangan dan lampu indikator coil menyala.
	Operasi	TDR aktif	TDR terhubung dengan sumber tegangan, <i>Magnetic contactor</i>

			(MC2) terhubung dengan sumber tegangan dan lampu indikator coil menyala.
Aksi	<i>Push button</i> NC “OFF”		<i>Magnetic contactor</i> (MC1 dan MC2) dan TDR tidak terhubung dengan sumber tegangan.
Aksi	MCB 3 phase “ON”		Sumber tegangan 3 phase terhubung.
Aksi	<i>Push button</i> “ON”		<i>Magnetic contactor</i> (MC1) terhubung dengan sumber tegangan dan motor1 akan berputar.
Operasi	TDR aktif		TDR terhubung dengan sumber tegangan, <i>Magnetic contactor</i> (MC2) terhubung dengan sumber tegangan dan motor2 berputar setelah t waktu pada TDR.
Aksi	<i>Push button</i> “OFF”		<i>Magnetic contactor</i> MC1 dan MC2 serta TDR terputus dari sumber tegangan dan kedua motor berhenti berputar.
Aksi	MCB 3 phase “OFF”		Sumber tegangan 3 phase terputus.
Aksi	MCB 1 phase “OFF”		Sumber tegangan 1 phase terputus.

Rangkaian kendali motor berurutan dengan mode otomatis prinsip kerjanya hampir sama dengan rangkaian kendali motor berurutan dengan mode manual, bedanya ada pada pengoperasian motor 2. Pada mode manual masih menggunakan tombol tekan *push button* ON2, sedangkan pada mode otomatis sudah tidak menggunakan tombol *push button* ON, *push button* ini diganti

dengan menggunakan TDR, sehingga cukup dengan menekan satu kali tombol *push button* ON.

Prinsip kerja dari rangkaian ini adalah ketika tombol ON1 ditekan, maka *coil* kontaktor 1 dan timer akan bekerja sehingga kontak-kontak NO akan berubah menjadi kontak-kontak NC sehingga arus dapat mengalir ke terminal motor1 dan motor1 akan berputar. *Timer* secara otomatis akan menghitung mundur waktu yang telah disetting dan membuat semua kontak yang ada pada timer aktif setelah waktu habis sehingga kontak NO akan berubah menjadi NC yang akan mengalir ke *coil* contactor magnet2. Saat *coil* kontaktor 2 aktif maka kontak-kontak NO akan tertarik dan menjadi kontak-kontak NC, sehingga arus dapat mengalir ke terminal motor2 dan motor 2 akan berputar. Saat tombol *push button* OFF2 ditekan maka *coil* kontaktor magnet2 akan mati, sehingga kontak-kontak NC kembali ke menjadi NO, dan motor akan berhenti berputar, begitu juga dengan *push button* OFF1 ditekan, maka *coil* kontaktor magnet1 akan mati, sehingga kontak-kontak NC akan kembali menjadi NO, dan motor1 akan berhenti berputar.

- d) Pengujian Kendali Motor 3 Phase Putar Kanan-Putar Kiri Mode Manual

Tabel 21. Proses Pengujian Kendali Motor 3 Phase Putar Kanan-Putar Kiri Mode Manual

Mode	Aksi	Proses	Keterangan
Manual	Aksi	MCB 1 phase "ON"	Sumber tegangan 1 phase terhubung.
	Aksi	<i>Push button</i> ON1 "ON"	<i>Coil Magnetic contactor</i> 1 (C1) terhubung dengan sumber tegangan dan lampu indikator <i>coil</i> 1 menyala.
	Aksi	<i>Push button</i> ON2 "ON"	<i>Coil Magnetic contactor</i> 2 (C2) terhubung dengan sumber tegangan dan lampu indikator <i>coil</i> 2 menyala.
	Aksi	<i>Push button</i> OFF1 "OFF"	<i>Magnetic contactor</i> (MC1 dan MC2) tidak terhubung dengan sumber tegangan.
	Aksi	MCB 3 phase "ON"	Sumber tegangan 3 phase terhubung.
	Aksi	<i>Push button</i> ON1 "ON"	<i>Coil Magnetic contactor</i> 1 (C1) terhubung dengan sumber tegangan dan lampu indikator <i>coil</i> 1 menyala serta motor 3 phase akan berputar ke arah kanan.
	Aksi	<i>Push button</i> ON2 "ON"	<i>Coil Magnetic contactor</i> 1 (C1) terhubung dengan sumber tegangan dan lampu indikator <i>coil</i> 1 menyala serta motor 3 phase akan berputar ke arah kiri.
	Aksi	<i>Push button</i> OFF1 "OFF"	<i>Magnetic contactor</i> (MC1 dan MC2) tidak terhubung dengan sumber tegangan dan motor 3 phase berhenti berputar.
	Aksi	MCB 3 phase "OFF"	Sumber tegangan 3 phase terputus.
	Aksi	MCB 1 phase "OFF"	Sumber tegangan 1 phase terputus.

Kendali motor 3 phase membalik putaran atau lebih sering disebut putar kanan-putar kiri mode manual yaitu dengan menekan tombol tekan *push button* ON. Prinsip kerja rangkaian ini yaitu sebagai berikut, MCB dihidupkan dengan menarik tuas MCB, arus

akan mengalir ke *push button* OFF, kemudian *push button* ON1 ditekan, sehingga arus mengalir ke koil Kontaktor1 (KM1) dan *magnetic contactor* akan bekerja sehingga kontak-kontak NO akan tertarik menjadi NC sehingga arus dapat mengalir ke *thermal overload* dan motor akan berputar maju (kanan).

Untuk perpindahan dari putar kanan ke putar kiri motor harus dalam keadaan berhenti, karena masih ada arus sisa dari putaran motor. Kemudian tekan *push button* ON2 maka arus akan mengalir ke *push button* OFF 2 kemudian ke koil kontaktor magnet2 dan magnetic bekerja sehingga kontak-kontak NC akan tertarik menjadi NC sehingga arus mengalir ke *thermal overload* dan motor akan berputar mundur (kiri). Untuk mematikan rangkaian yaitu dengan menekan *push button* OFF, sehingga arus yang mengalir ke koil kontaktor magnet akan terputus dan kontak-kontak NC akan menjadi NO kembali.

- e) Pengujian Kendali Motor 3 Phase Putar Kanan-Putar kiri Mode Otomatis

Tabel 22. Proses Pengujian Kendali Motor 3 Phase Putar Kanan-Putar Kiri Mode Otomatis

Mode	Aksi	Proses	Keterangan
Otomatis	Aksi	Setting <i>timer</i> “5s”	Timer ini sebagai delay waktu perpindahan dari motor 3 phase putar kanan ke motor 3 phase putar kiri.
	Aksi	MCB 1 phase “ON”	Sumber tegangan 1 phase terhubung.
	Aksi	Push button ON1	<i>Coil Magnetic contactor</i> 1 (C1) terhubung

		“ON”	dengan sumber tegangan dan lampu indikator coil 1 menyala.
	Operasi	TDR aktif	TDR terhubung dengan sumber tegangan, <i>Coil Magnetic contactor</i> (MC2 setelah t waktu pada TDR.
	Aksi	<i>Push button</i> OFF1 “OFF”	<i>Magnetic contactor</i> (MC1 dan MC2) serta TDR tidak terhubung dengan sumber tegangan.
	Aksi	MCB 3 phase “ON”	Sumber tegangan 3 phase terhubung.
	Aksi	<i>Push button</i> ON1 “ON”	<i>Coil Magnetic contactor</i> 1 (C1) terhubung dengan sumber tegangan dan lampu indikator coil 1 menyala serta motor 3 phase akan berputar ke arak kanan.
	Operasi	TDR aktif	TDR terhubung dengan sumber tegangan, <i>Coil Magnetic contactor</i> (MC2 setelah t waktu pada TDR dan motor akan berputar ke arah kiri.
	Aksi	<i>Push button</i> OFF1 “OFF”	<i>Magnetic contactor</i> (MC1 dan MC2) serta TDR tidak terhubung dengan sumber tegangan dan motor 3 phase berhenti berputar.
	Aksi	MCB 3 phase “OFF”	Sumber tegangan 3 phase terputus.
	Aksi	MCB 1 phase “OFF”	Sumber tegangan 1 phase terputus.

Dalam pengaturan putaran motor maju (kanan) dan mundur (kiri) sama halnya dengan membalik putaran motor. Putaran motor dapat terbalik, jika arah putaran medan magnet stator juga terbalik. Untuk membalik putaran medan magnet stator dapat dilakukan dengan menukar dua dari tiga penghantar fasa sumber listrik motor tersebut. Kendali motor putar kanan-putar kiri mode otomatis hampir sama pada putar kanan-putar kiri mode manual, bedanya hanya pada *push button* ON2 diganti dengan TDR sehingga meringankan kerja operator. Prinsip kerja rangkaian ini yaitu sebagai berikut, MCB dihidupkan dengan menarik tuas MCB, arus

akan mengalir ke *push button* OFF, kemudian *push button* ON1 ditekan, sehingga arus mengalir ke koil Kontaktor1 (R) dan TDR sehingga *magnetic contactor* akan bekerja sehingga kontak-kontak NO akan tertarik menjadi NC sehingga arus dapat mengalir ke *thermal overload* dan motor akan berputar maju (kanan).

Untuk perpindahan dari putar kanan ke putar kiri, motor harus dalam keadaan berhenti, karena masih ada arus sisa dari putaran motor. *Timer* secara otomatis akan menghitung mundur waktu yang telah disetting dan membuat semua kontak yang ada pada timer aktif setelah waktu habis sehingga kontak NO akan berubah menjadi NC yang akan mengalir ke *coil contactor magnet2* dan *magnetic contactor2* bekerja sehingga kontak-kontak NO akan tertarik menjadi NC sehingga arus mengalir ke *thermal overload* dan motor akan berputar mundur (kiri). Untuk mematikan rangkaian yaitu dengan menekan *push button* OFF, sehingga arus yang mengalir ke TDR dan *coil contactor magnet* terputus sehingga kontak-kontak NC akan menjadi NO kembali.

f) Pengujian Kendali Motor 3 Phase Star-Delta Mode Manual

Tabel 23. Proses Pengujian Kendali Motor 3 Phase Star-Delta Mode Manual

Mode	Aksi	Proses	Keterangan
Manual	Aksi	Setting <i>timer</i> “5s”	Timer ini sebagai delay waktu perpindahan dari motor 3 phase Star ke Delta.
	Aksi	MCB 1 phase “ON”	Sumber tegangan 1 phase terhubung.
	Aksi	<i>Push button</i> ON1	<i>Coil magnetic contactor</i> 1 (C1), <i>coil</i>

		“ON”	<i>magnetic contactor 3 (C3)</i> , dan TDR terhubung dengan sumber tegangan serta lampu indikator coil 1 dan coil 3 menyala.
	Operasi	TDR aktif	Setelah TDR mencapai waktu <i>t</i> yang telah diatur, maka <i>Coil magnetic contactor 3 (C3)</i> akan <i>off</i> dan <i>Coil magnetic contactor 2 (C2)</i> terhubung dengan tegangan.
	Aksi	<i>Push button</i> OFF1 “OFF”	<i>Magnetic contactor (MC1, MC2 dan MC3)</i> serta TDR tidak terhubung dengan sumber tegangan.
	Aksi	MCB 3 phase “ON”	Sumber tegangan 3 phase terhubung.
	Aksi	<i>Push button</i> ON1 “ON”	<i>Coil magnetic contactor 1 (C1)</i> dan <i>Coil magnetic contactor 3 (C3)</i> terhubung dengan sumber tegangan, lampu indikator coil 1 dan coil 3 menyala serta motor 3 phase akan berputar.(saat posisi ini motor pada operasi Star).
	Operasi	TDR aktif	Setelah TDR mencapai waktu <i>t</i> yang telah diatur, maka <i>Coil magnetic contactor 3 (C3)</i> akan <i>off</i> dan <i>Coil magnetic contactor 2 (C2)</i> terhubung dengan tegangan serta motor 3 phase berputar.(saat posisi ini motor pada operasi delta)
	Aksi	<i>Push button</i> OFF1 “OFF”	<i>Magnetic contactor (MC1, MC2 dan MC3)</i> dan TDR tidak terhubung dengan sumber tegangan serta motor berhenti berputar.
	Aksi	MCB 3 phase “OFF”	Sumber tegangan 3 phase terputus.
	Aksi	MCB 1 phase “OFF”	Sumber tegangan 1 phase terputus.

Cara kerja dari rangkaian kendali motor 3 phase *Star-Delta* mode manual adalah sebagai berikut MCB dihidupkan dengan menarik tuas MCB, arus akan mengalir ke *push button* OFF, kemudian *push button* ON1 ditekan, sehingga arus mengalir ke koil

Kontaktor1 (KM1), koil kontaktor 3 dan TDR. *Magnetic contactor* dan TDR akan bekerja sehingga kontak-kontak NO akan tertarik menjadi NC sehingga arus dapat mengalir ke *thermal overload* dan motor akan berputar. Dalam kondisi ini motor dihubungkan dengan hubung *Star*. *Timer* secara otomatis akan menghitung mundur waktu yang telah disetting dan membuat semua kontak yang ada pada timer aktif setelah waktu habis sehingga kontak NO akan berubah menjadi NC yang akan mengalir ke *coil contactor magnet2* dan *magnetic contactor3* akan terputus karena pada MC2 dan MC3 saling *interlock* sehingga saling bergantian. Saat *magnetic contactor3* (KM3) terputus maka kontak-kontak NC akan tertarik menjadi NO dan *magnetic contactor1* tetap bekerja karena KM1 sebagai *common* antara rangkaian star-delta. Setelah KM2 bekerja maka kontak-kontak NO akan tertarik menjadi NC sehingga arus mengalir ke *thermal overload* dan motor akan berputar. Dalam kondisi ini motor dihubungkan dengan hubung delta. Untuk mematikan rangkaian yaitu dengan menekan *push button* OFF, sehingga arus yang mengalir ke koil kontaktor magnet dan TDR akan terputus dan kontak-kontak NC akan menjadi NO kembali.

g) Pengujian Kendali Motor 3 Phase *Star-Delta* Mode OtomatisTabel 24. Proses Pengujian Kendali Motor 3 Phase *Star-Delta* Mode Otomatis

Mode	Aksi	Proses	Keterangan
Otomatis	Aksi	Setting timer “5s”	Timer ini sebagai <i>delay</i> waktu perpindahan dari motor 3 phase <i>star</i> ke <i>delta</i> .
	Aksi	MCB 1 phase “ON”	Sumber tegangan 1 phase terhubung.
	Aksi	Arahkan <i>Selector Auto-Man</i> ke arah “AUTO”	Sumber tegangan akan mengalir ke saluran mode otomatis. <i>Magnetic contactor</i> 1 dan <i>magnetic contactor</i> 3 serta TDR akan terhubung dengan sumber tegangan.
	Operasi	TDR aktif	Setelah TDR mencapai waktu <i>t</i> yang telah diatur, maka <i>Coil magnetic contactor</i> 3 (C3) akan off dan <i>Coil magnetic contactor</i> 2 (C2) terhubung dengan tegangan.
	Aksi	Arahkan <i>Selector Auto-Man</i> ke arah “OFF”	<i>Magnetic contactor</i> (MC1 dan MC2) serta TDR tidak terhubung dengan sumber tegangan.
	Aksi	MCB 3 phase “ON”	Sumber tegangan 3 phase terhubung.
	Aksi	Arahkan <i>Selector Auto-Man</i> ke arah “AUTO”	Sumber tegangan akan mengalir ke saluran mode otomatis. <i>Magnetic contactor</i> 1, <i>magnetic contactor</i> 3 dan TDR akan terhubung dengan sumber tegangan, serta motor 3 phase akan berputar.(saat posisi ini motor pada operasi <i>Star</i>).
	Operasi	TDR aktif	Setelah TDR mencapai waktu <i>t</i> yang telah diatur, maka <i>Coil magnetic contactor</i> 3 (C3) akan off dan <i>Coil magnetic contactor</i> 2 (C2) terhubung dengan tegangan, motor akan berputar lebih kencang. (saat posisi ini motor pada operasi <i>Delta</i>).
	Aksi	<i>Push button</i> OFF1	<i>Magnetic contactor</i> (MC1, MC2

		“OFF”	dan MC3) serta TDR tidak terhubung dengan sumber tegangan dan motor 3 phase berhenti berputar.
	Aksi	Arahkan <i>Selector Auto-Man</i> ke arah “OFF”	Sumber tegangan tidak terhubung dengan rangkaian sesudahnya.
	Aksi	MCB 3 phase “OFF”	Sumber tegangan 3 phase terputus.
	Aksi	MCB 1 phase “OFF”	Sumber tegangan 1 phase terputus.

Cara kerja dari rangkaian kendali motor 3 phase *star-delta* mode otomatis hampir sama dengan cara kerja pada rangkaian kendali motor *star-delta* mode manual, bedanya pada mode otomatis tombol *push button* ON diganti dengan saklar *switch auto-manual*. Cara kerjanya adalah sebagai berikut MCB dihidupkan dengan menarik tuas MCB, arus akan mengalir ke *push button* OFF, kemudian *push button* ON1 ditekan, sehingga arus mengalir ke koil Kontaktor1 (KM1), koil kontaktor 3 dan TDR. *Magnetic contactor* dan TDR akan bekerja sehingga kontak-kontak NO akan tertarik menjadi NC sehingga arus dapat mengalir ke *thermal overload* dan motor akan berputar. Dalam kondisi ini motor dihubungkan dengan hubung Star. *Timer* secara otomatis akan menghitung mundur waktu yang telah disetting dan membuat semua kontak yang ada pada timer aktif setelah waktu habis sehingga kontak NO akan berubah menjadi NC yang akan mengalir ke *coil contactor* magnet2 dan *magnetic contactor*3 akan terputus karena pada MC2 dan MC3 saling *interlock* sehingga

saling bergantian. Saat *magnetic contactor*³ (KM3) terputus maka kontak-kontak NC akan tertarik menjadi NO dan *magnetic contactor*¹ tetap bekerja karena KM1 sebagai *common* antara rangkaian *star-delta*. Setelah KM2 bekerja maka kontak-kontak NO akan tertarik menjadi NC sehingga arus mengalir ke *thermal overload* dan motor akan berputar. Dalam kondisi ini motor dihubung dengan hubung *delta*. Untuk mematikan rangkaian yaitu dengan menekan *push button* OFF, sehingga arus yang mengalir ke koil kontaktor magnet dan TDR akan terputus dan kontak-kontak NC akan menjadi NO kembali.

h) Pengukuran Motor Operasi *Start-Delta* Mode Auto-Manual

Tabel 25. Pengukuran motor operasi atart-delta mode auto-manual

No	Motor	Arus (Ampere)						Tegangan (Volt)			
		start			Delta			Start		Delta	
		R	S	T	R	S	T	Phase-Phase	Phase-Netral	Phase-Phase	Phase-Netral
1	1HP, 0.75 kW, 220/380V, 3.5/2.0A, 50 Hz, 1380rpm	0.4	0.4	0.4	1.3	1.3	1.3	380	220	380	220

$$I_{YR} : I_R = 0.4 : 1.3 \longrightarrow I_{YR} : I_R = 1 : 3.25$$

$$I_{YS} : I_S = 0.4 : 1.3 \longrightarrow I_{YS} : I_S = 1 : 3.25$$

$$I_{YT} : I_T = 0.4 : 1.3 \longrightarrow I_{YT} : I_T = 1 : 3.25$$

3. Uji Kelayakan

Untuk mengetahui tingkat kelayakan dari trainer Instalasi Listrik Industri ini yang digunakan sebagai media pembelajaran dilihat dari aspek ergonomis dalam penggunaan, maka diperlukan penilaian dari pengguna, dalam hal ini mahasiswa Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta.

Kisi-kisi instrument yang dikembangkan menjadi sebuah angket untuk dinilai oleh responden meliputi aspek (1) aspek estetika (2) ergonomis (3) aspek keselamatan, kesehatan dan keamanan (4) aspek penggunaan.

Hasil pengambilan data setelah dianalisa dengan teknik analisis deskriptif kuantitatif yang diungkapkan dalam distribusi skor dan presentase disajikan dalam table di bawah ini.

Tabel 26. Data Hasil Penilaian dari Mahasiswa

No	Aspek	Skor yang diobservasi	Skor yang diharapkan	Persentase (%)
1	Estetika	139	165	85.24
2	Ergonomis	86	110	78.18
3	Keamanan, Kesehatan dan Keselamatan	177	220	80.45
4	Penggunaan	218	275	79.27
Total		620	770	80.52

B. Pembahasan

1. Pembahasan Uji Teknis

Pengujian kemampuan teknis trainer Instalasi Listrik Industri ini dilakukan pengujian tiap-tiap modul. Pengujian ini meliputi pengujian kualitas instalasi dan kinerja komponen tiap-tiap modul. Beberapa cara yang dilakukan dalam pengujian yaitu diantaranya dengan memeriksa kondisi instalasi menggunakan multimeter untuk memastikan antar komponen pada tiap-tiap modul ini 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 ini adalah sebagai berikut:

a. Modul MCB 1 Phase

Pengujian modul MCB 1 phase yaitu dengan cara menghubungkan input dan output MCB dengan multimeter yang telah diatur pada posisi ohm meter, kemudian hidupkan MCB yaitu dengan cara menarik tuas dari MCB tersebut. Apabila dalam keadaan ON (1) maka terminal *input* dan *output* dari MCB harus terhubung dan jarum multimeter menyimpang atau menunjuk angka ke nol, sedangkan pada saat MCB OFF maka input dan output harus terbuka dan jarum multimeter tidak menyimpang. Setelah dilakukan pengujian, modul MCB 1 phase yang terdiri dari 3 buah ini dinyatakan dalam kondisi baik.

b. Modul MCB 3 Phase

Pengujian modul MCB 3 phase hampir sama dengan pengujian pada MCB 1 phase, namun bedanya *input* dan *output* dari MCB 3 phase ini masing-masing berjumlah 3 buah yaitu R, S, dan T. Setelah dilakukan proses pengujian kondisi dari modul MCB 3 phase ini dinyatakan dalam keadaan baik.

c. Modul *Magnetic Contactor*

Pengujian modul *magnetic contactor* yaitu dilakukan dengan menghubungkan kontak-kontak *magnetic contactor* dengan multimeter yang telah disetting pada skala ohm meter. Pengujian ini dilakukan dengan dua cara yaitu saat *magnetic contactor* ON dan saat OFF. Untuk pengujian saat *magnetic contactor* ON yaitu dengan menekan kontak koil, dan menghubungkan kontak-kontak utama dan kontak bantu baik NC maupun NO dengan multimeter. Kontak NO jika diukur dengan multimeter jarum akan menyimpang, sedangkan pada kontak NC jika diukur jarum tidak menyimpang. Untuk pengujian saat *magnetic contactor* OFF yaitu melepas kontak koil *magnetic contactor*. Jika kontak NO diukur dengan multimeter, jarum tidak menyimpang, dan kontak NC jarum akan menyimpang. Setelah dilakukan pengujian, modul *magnetic contactor* dinyatakan dalam keadaan baik.

d. Modul *Thermal Overload Relay*

Proses pengujian modul *thermal overload relay* ini sama dengan pengujian pada modul *magnetic contactor* yaitu dengan menghubungkan kontak-kontak pada *thermal overload relay* pada saat OFF maupun ON baik kontak utama maupun kontak bantu. Setelah dilakukan pengujian, *modul thermal overload relay* dalam keadaan baik.

e. Modul *Time Delay Relay*

Proses pengujian modul TDR dilakukan dua tahap yaitu pada TDR keadaan OFF dan keadaan ON. Untuk TDR OFF, pengujian dilakukan dengan menggunakan multimeter skala ohm meter dengan menghubungkan kontak-kontak pada TDR. Kontak NC jika diukur dengan multimeter, jarum akan menyimpang, dan kontak NO jarum tidak menyimpang. Sedangkan untuk TDR ON yaitu dengan mensuplay tegangan 220 Volt pada coil TDR. Kontak NC akan membuka dan kontak NO akan menutup. Setelah dilakukan pengujian, TDR dinyatakan dalam keadaan baik.

f. Modul Trafo Arus (*Current Transformer*)

Proses pengujian modul CT dilakukan dengan menghubungkan terminal primer dan sekunder CT dengan multimeter yang telah disetting pada skala ohm meter, jarum multimeter akan menyimpang. Setelah dilakukan pengujian, modul CT dinyatakan dalam keadaan baik.

g. Modul *Push Button* (NO, NC)

- 1) Pada *push button* NO (hijau), pengujian dilakukan dengan cara menghubungkan terminal push button dengan multimeter yang telah disetting pada skala ohm meter, jarum multimeter tidak menyimpang, pada saat *push button* ditekan maka jarum multimeter akan menyimpang.
- 2) Pada *push button* NC (merah), pengujiannya hampir sama dengan push button NO, bedanya saat push button tidak ditekan jarum multimeter menyimpang, sedangkan pada saat *push button* ditekan maka jarum multimeter akan menyimpang.

Setelah dilakukan pengujian pada modul *push button* NC dan NO, modul *push button* dalam kondisi baik.

h. Modul *Jogging Switch*

Proses pengujian pada modul *jogging switch* sama dengan pengujian pada modul push button. Setelah dilakukan pengujian, modul *jogging switch* dinyatakan dalam kondisi baik.

i. Modul *Selector Switch Amperemeter* dan *Amperemeter*

Pengujian modul *amperemeter* dan *switch amperemeter* dilakukan pada rangkaian tertutup, yaitu menghubungkan secara seri switch *amperemeter*, trafo arus dan *amperemeter* pada salah satu simulasi trainer instalasi listrik industri. Kemudian memilih parameter arus yang ingin diukur dengan cara memindah *selector* pada *switch amperemeter*. Setelah dilakukan pengujian ternyata *amperemeter*

mampu menunjuk angka sesuai. Kesimpulan pengujian ini modul *amperemeter* dan modul *switch amperemeter* dalam kondisi baik.

j. Modul *Selector Switch Voltmeter* dan *Voltmeter*

Proses pengujian modul *voltmeter* dan *switch voltmeter* dilakukan dengan menghubungkan *switch voltmeter* pada sumber 3 phase dan melanjutkan ke *voltmeter*. Kemudian memilih parameter tegangan yang ingin diukur dengan cara memindah *selector* pada *switch voltmeter*. Setelah memilih parameter tegangan, maka jarum voltmeter akan menunjuk angka yaitu 220 V untuk tegangan *phase-netral*, dan 380 V untuk tegangan *phase-phase*. Setelah dilakukan pengujian, modul ini dinyatakan dalam kondisi baik.

k. Modul *Switch Auto-Manual*

Pengujian modul *switch auto-manual* dilakukan dengan cara memutar dan menghubungkan terminal COM-AUTO dan COM-MAN dengan multimeter yang telah disetting pada skala ohm meter. Pada saat *selector* pada posisi MAN, *probe* multimeter dihubungkan pada terminal COM dan MAN maka jarum multimeter akan menyimpang. Sedangkan pada saat *selector* pada posisi AUTO, *probe* yang ada di terminal MAN dipindah ke terminal *auto*, jarum multimeter akan menyimpang. Setelah dilakukan pengujian, modul ini dinyatakan dalam keadaan baik.

1. Modul *Emergency Stop*

Pengujian modul *emergency stop* dilakukan dengan menghubungkan multimeter pada terminal NC dan NO. pengukuran ini ada dua kondisi yaitu kondisi *emergency* OFF dan ON. Pada kondisi *emergency* OFF maka kontak NC jika diukur dengan multimeter, jarum multimeter akan menyimpang, dan kontak NO jika diukur, jarum multimeter tidak menyimpang. Sedangkan *emergency* pada kondisi ON, dengan menekan tombol pada kontak *emergency*, kontak NO jika diukur dengan multimeter, jarum multimeter akan menyimpang, dan kontak NC tidak menyimpang.

2. Pembahasan Uji Fungsi dan Unjuk Kerja

Proses pengujian dari Trainer Instalasi Listrik Industri ini dilakukan dengan meletakkan masing-masing modul trainer pada *frame sliding* sesuai dengan petunjuk peletakannya. Langkah selanjutnya yaitu merangkai seluruh komponen modul trainer sesuai dengan masing-masing simulasi kendali rangkaian motor 3 phase dan menghubungkannya dengan sumber 3 phase.

Pengujian Trainer Instalasi Listrik Industri ini dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan mode manual maupun mode otomatis. Pada mode manual pengoperasiannya dilakukan dengan menekan tombol tekan (*push button* ON) sedangkan pada mode otomatis pengoperasiannya dilakukan dengan penambahan TDR untuk perpindahan dari satu

konfigurasi ke konfigurasi lainnya. Pembahasan dari masing-masing kendali motor sebagai berikut:

a. Kendali Rangkaian Motor 3 Phase

Pada pengoperasian rangkaian ini motor akan bekerja atau berputar setelah tombol *push button* ON ditekan sehingga arus dapat mengalir ke coil *magnetic contactor* dan coil akan menarik kontak-kontak NO, sehingga menjadi kontak-kontak NC dan arus dapat mengalir ke motor.

b. Kendali Rangkaian motor 3 phase berurutan

Rangkaian ini berfungsi untuk menjalankan 2 motor atau lebih secara berurutan baik secara manual maupun otomatis. Pada pengoperasian manual untuk menghidupkan motor2 dilakukan dengan menggunakan menekan tombol *push button* NO sedangkan pada pengoperasian otomatis untuk menghidupkan motor2 menggunakan TDR. Proses kerja rangkaian ini adalah motor kedua tidak akan bekerja sebelum motor pertama belum bekerja. Kedua motor dihubungkan dengan secara seri dan disambung Y.

c. Kendali Rangkaian motor 3 phase putar kanan-putar kiri

Pengujian motor putar kanan-putar kiri dilakukan dengan mengamati proses kerja, dan menarik kesimpulan dari pengujian tersebut. Motor akan bekerja putar kanan-putar kiri yaitu dengan menukar 2 dari tiga penghantar phase motor (phase R ditukar dengan S) sehingga menyebabkan arah arus berubah. Penyambungan motor

putar kanan-putar kiri ini dihubung dengan hubung bintang, dengan salah satu ujung dari motor dikopel menjadi satu. Untuk proses pengujian dilakukan dengan menggunakan 2 cara yaitu dengan mode manual yaitu dengan menggunakan tombol tekan push button, dan dengan mode otomatis dengan menggunakan TDR sebagai jeda waktu perpindahan proses dari motor putar kanan ke motor putar kiri.

d. Kendali Rangkaian motor 3 phase *star-delta*

Dalam starting motor *start-delta* pertama kali motor disambung bintang, setelah motor berputar baru pindah ke segitiga. Hasil pengukuran arus *start* bintang dengan arus *start-delta* adalah 1 : 3.25 A karena rumus perbandingan antara $I_Y : I_\Delta = 1 : 3$. Hasil pengukuran tegangan saat start dan saat delta relatif stabil yaitu 220 V untuk pengukuran motor hubung Y dan 380 V untuk pengukuran motor hubung Δ . Rangkaian motor *starting start-delta* ini paling banyak digunakan di industri untuk mengurangi arus start yang bisa mencapai 7 sampai 8 kali arus nominal, sehingga dapat merusak motor ataupun jaringan.

C. Pembahasan Uji Kelayakan

Data penilaian yang diambil dari mahasiswa jurusan Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta selaku pengguna modul trainer Instalasi Listrik Industri ini ditinjau dari aspek (1) Estetika mendapatkan presentase sebesar 85.24 %, (2) Ergonomis mendapat presentase sebesar 78.18 %, (3) Keamanan, Kesehatan dan Keselamatan

mendapat presentase sebesar 80.45 %, (4) Penggunaan mendapat presentase sebesar 79.24 %. Secara keseluruhan tingkat kelayakan dari modul trainer Instalasi Listrik Industri dilihat dari aspek ergonomis dalam penggunaan, memperoleh presentase sebesar 80.52 %. Dari data ini dapat disimpulkan bahwa trainer ini ergonomis untuk digunakan sebagai media pembelajaran di Bengkel Instalasi Listrik Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan unit modul trainer instalasi instalasi listrik industri maka dapat disimpulkan :

1. Unit modul trainer instalasi listrik industri ini dirancang dengan menggunakan konsep modular supaya lebih efektif untuk dipergunakan sebagai media pembelajaran maupun uji kompetensi ditingkat perguruan tinggi maupun tingkat sekolah menengah kejuruan. Rancangan dari unit modul trainer yaitu semua komponen dalam unit trainer ini dihubungkan pada banana plug, sehingga dapat dirangkai secara berulang-ulang. Untuk merangkai komponen-komponen dalam modul trainer ini yaitu dengan menggunakan kabel penghubung (*jumper*). Komponen-komponen yang digunakan pada modul trainer instalasi listrik industri ini antara lain: MCB 1 phase dan 3 phase, *magnetic contactor*, *thermal overload relay*, *time delay relay*, *push button* (NO, NC, dan *jogging*), *selector switch auto-manual*, *selector switch (amperemeter, voltmeter)*, *voltmeter*, *amperemeter*, *emergency stop*. Semua komponen dirancang menggunakan banana plug dari terminal keluaran masing-masing komponen yang dilengkapi dengan simbol kelistrikan komponen tersebut. Unit modul trainer instalasi listrik industri ini digunakan untuk pengendalian pada motor listrik (motor induksi). Pengendalian motor di

industri antara lain: kendali motor 3 phase manual, kendali motor berurutan, kendali motor putar kanan-putar kiri, dan kendali motor star-delta.

2. Pengujian unjuk kerja meliputi pengecekan dari semua komponen-komponen dan semuanya disimpulkan dalam kondisi baik dan dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Pengujian unjuk fungsi terdiri dari 2 macam percobaan yaitu mode manual dan mode otomatis. Mode manual yaitu menggunakan tombol tekan untuk mengoperasikan dari operasi satu ke operasi berikutnya, sedangkan mode otomatis menggunakan *time delay relay* (TDR) untuk mengoperasikan dari operasi satu ke operasi berikutnya. Hasil pengujian semua percobaan, unit modul trainer instalasi listrik industri ini sudah bekerja sesuai yang diharapkan. Berdasarkan hasil penelitian uji kelayakan maka desain unit modul trainer instalasi listrik industri ini dinyatakan ergonomis dengan presentase sebesar 80.52%.

B. Keterbatasan Alat

Unit modul instalasi listrik industri yang telah selesai dibuat tidak luput dari berbagai kekurangan. Kekurangan atau keterbatasan dari alat tersebut antara lain:

1. Motor induksi yang digunakan untuk kendali motor *start-delta* hanya 1 motor 3 Phase sehingga tidak dapat mengetahui perbandingan arus antara motor 1 dengan yang lainnya.

2. Pada pengoperasian kendali motor 3 phase mode otomatis, TDR masih bekerja terus-menerus.

C. Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah disampaikan di atas, maka saran yang dapat disampaikan antara lain:

1. Diperlukan motor 3 phase yang khusus untuk kendali *start-delta* sehingga dapat mengetahui perbandingan arus antara motor 1 dengan yang lainnya.
2. Diperlukan perbaikan rancangan gambar kerja pengoperasian kendali motor 3 phase mode otomatis agar TDR setelah mengaktifkan rangkaian berikutnya bisa off.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, Ashar. (2005). *Media Pembelajaran*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Arikunto, Suharsimi. (1991). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Djoko Laras Budiyo Taruno. *Materi Instalasi Listrik*.
Diambil dari <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/pendidikan/dr-djoko-laras-budiyo-taruno/materi-instalasi-listrik> pada tanggal 20 September 2015.
- Chapanis. (1985). *Pengertian Ergonomi*.
Diambil dari <http://sobatbaru.blogspot.com/2010/03/pengertian-ergonomi.html> pada tanggal 20 September 2015.
- Coinick. MC (1993). *Pengertian Ergonomi*.
Diambil dari <http://sobatbaru.blogspot.com/2010/03/pengertian-ergonomi.html> pada tanggal 20 September 2015.
- Iftkar Z. Satalaksana (1979). *Pengertian Ergonomi*.
Diambil dari <http://sobatbaru.blogspot.com/2010/03/pengertian-ergonomi.html> pada tanggal 20 September 2015.
- Instalasi listrik rumah. *MCB Sebagai Proteksi dan Pembatas Daya Listrik*.
Diambil dari <http://www.instalasilistrikrumah.com/mcb-sebagai-proteksi-dan-pembatas-daya-listrik/> pada tanggal 20 September 2015.
- John, D Latuheru. (1988). *Media Pembelajaran Dalam Proses Belajar-Mengajar Masa Kini*. Jakarta: Depdikbud.
- Kemdikbud. *Instalasi Motor Listrik*.
Diambil dari <http://bse.kemdikbud.go.id/download/fullbook/20140916115811> pada tanggal 20 September 2015.
- Kusuma Wardani, laksmi. (2003). *Evaluasi Ergonomi Dalam Perancangan Desain*. Artikel. Universitas Petra. Surabaya.
- Listrik Pemakaian. *Magnetic contactor*.
Diambil dari <https://listrikpemakaian.wordpress.com/2011/07/11/kontaktor-magnetik-magnetic-contactor-mc/> pada tanggal 20 september 2015.

Marsono. (2007). *Pengembangan Media Pembelajaran Berbantuan Komputer Untuk Pembelajaran Metrologi Industri*. Skripsi. UNY. Yogyakarta.

Petruzella, Frank D. (2001). *Elektronik Industri*. Diterjemahkan oleh Drs.Sumanto, MA. Yogyakarta : Andi.

Prastati, Traini dan Irawan, P. (2001). *Media Pembelajaran*. Jakarta : PAU_PPAI Universitas Terbuka.

Sam, Arianto ((ed). (2010). *Pengertian Ergonomi*.
Diambil dari <http://sobatbaru.blogspot.com/2010/03/pengertian-ergonomi.html> pada tanggal 20 September 2015.

Sunyoto(1993). *Mesin Listrik Arus Bolak-Balik*. Yogyakarta: IKIP Yogyakarta.

Yakuza. *Current Transformer*.
Diambil dari <http://tunggal-insan-cita.blogspot.co.id/2012/08/current-transformer-trafo-arus.html> pada tanggal 20 September 2015.

Fungsi Amperemeter, Voltmeter, dan Ohmmeter.
Diambil dari <http://www.organisasi.org/1970/01/fungsi-pengertian-amperemeter-voltmeter-ohmmeter-alat-ukur-listrik-ilmu-fisika.html> pada tanggal 20 September 2015.

LAMPIRAN

PETUNJUK PEMAKAIAN

DAFTAR ISI

A. Trainer Instalasi Listrik Industri	1
B. Modul-Modul Komponen Trainer	2
C. Frame Sliding dan Box Penyimpanan.....	15
D. Keselamatan Kerja	16
E. Identifikasi Kebutuhan Alat dan Bahan.....	16
F. Penempatan Modul Pada Frame Sliding.....	20
G. Langkah Kerja	20
H. Pengambilan Data.....	22
I. Penyimpanan Modul Trainer	23

A. Trainer Instalasi Listrik Industri

Trainer ini dirancang dengan konsep modular karena ditujukan sebagai media pembelajaran. Modular yaitu masing-masing komponen dibuat secara terpisah dengan desain yang menarik, dilengkapi dengan nama komponen, simbol yang tepat serta keterangan tentang komponen tersebut. Tujuan dibuat dengan konsep modular yaitu dapat mempermudah pemahaman konsep dari sistem dan instalasi unit instalasi motor listrik industri karena dapat dengan mudah dirangkai secara berulang-ulang dan dapat dengan mudah diperbaiki jika terjadi pemasangan.

Pengoperasian motor induksi yang banyak dipakai di industri antara lain, kendali motor 3 phase, kendali motor berurutan, kendali motor putar kanan-putar kiri, dan kendali motor *star-delta*. Secara garis besar pengoperasian motor induksi berdasarkan mode pengoperasiannya dibedakan menjadi 2, yaitu *mode manual* dengan bantuan operator atau dengan tombol tekan (*push button*) dan *mode otomatis* dengan menggunakan TDR.



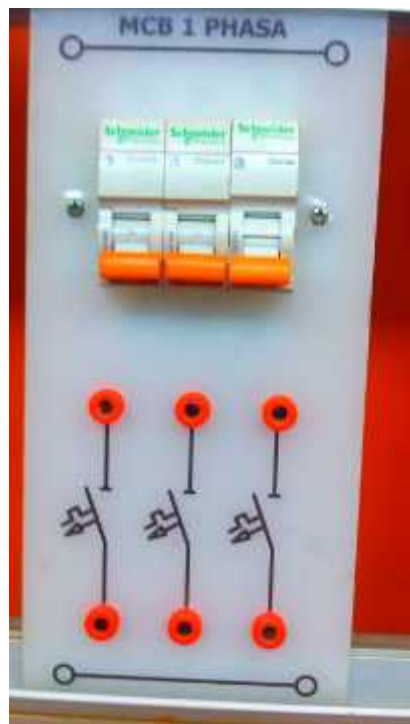
Gambar Trainer Instalasi Listrik Industri

B. Modul-Modul Komponen Trainer

Trainer ini terdiri dari 14 modul komponen dan 2 buah modul beban. Masing-masing modul diletakkan 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:

1. Modul MCB 1 Phase

Pengaman dan pembatas arus dari sumber PLN yang dipakai pada rangkaian pengendali dan diperlukan sedikitnya 1 buah MCB dengan batas maksimal arus 4 A.



Gambar Modul MCB 1 Phase

2. Modul MCB 3 Phase

MCB 3 phase berfungsi sebagai pengaman dan pembatas arus dari sumber PLN yang akan mengalir ke beban. MCB ini dipakai pada rangkaian power dengan batas ukur maksimal 16 A.

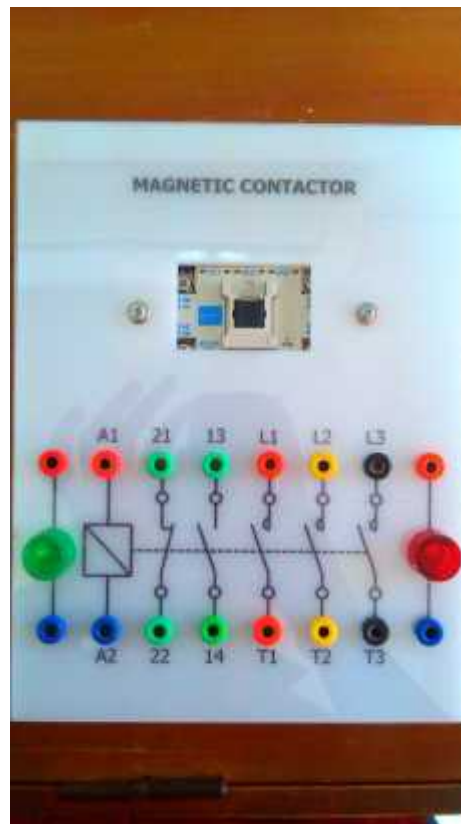


Gambar Modul MCB 3 Phase

3. Modul *Magnetic Contactor*

Magnetic contactor berfungsi sebagai saklar yang digunakan untuk menghubungkan ke beban motor listrik 3 phase. Sebuah *magnetic contactor* umumnya terdiri dari 1 koil, 3 pole kontak utama dan 2 kontak bantu. Tipe *magnetic contactor* yang digunakan adalah tipe SN-21. Jumlah *magnetic contactor* yang digunakan dalam trainer

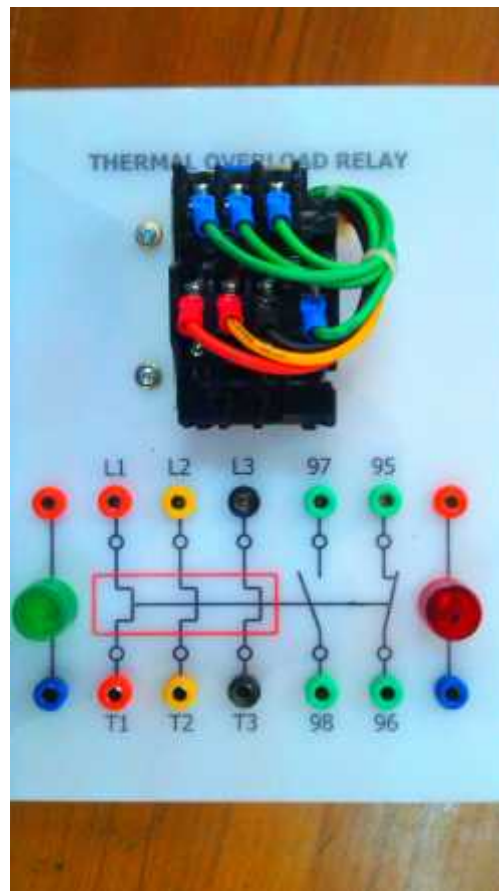
ini adalah 3 buah untuk simulasi motor 3 phase.



Gambar Modul *Magnetic Contactor*

4. Modul *Thermal Overload Relay*

Thermal overload relay (TOR) adalah komponen pada instalasi tenaga listrik yang berfungsi sebagai pengaman motor listrik atau instalasi terhadap beban lebih. Sebuah *thermal overload* umumnya terdiri dari 3 pole kontak utama dan 2 kontak bantu. Jumlah *thermal overload* yang digunakan dalam trainer ini adalah 1 buah untuk simulasi kendali motor 3 phase.



Gambar Modul *Thermal Overload Relay*

5. Modul *Push Button*

Modul *push button* digunakan sebagai saklar untuk menyalakan atau mematikan beban yang akan disimulasikan. Modul *push button* dalam trainer ini ada 3 jenis yaitu *push button* NO yang digunakan untuk menghidupkan beban simulasi, *push button* NC untuk mematikan beban simulasi, dan *push button jogging* yang digunakan untuk mematikan sementara beban simulasi untuk mengurangi arus star motor. Pada trainer ini terdapat 2 jenis modul *push button* NO, 2 buah modul *push button* NC dan 1 buah modul *push button jogging*.



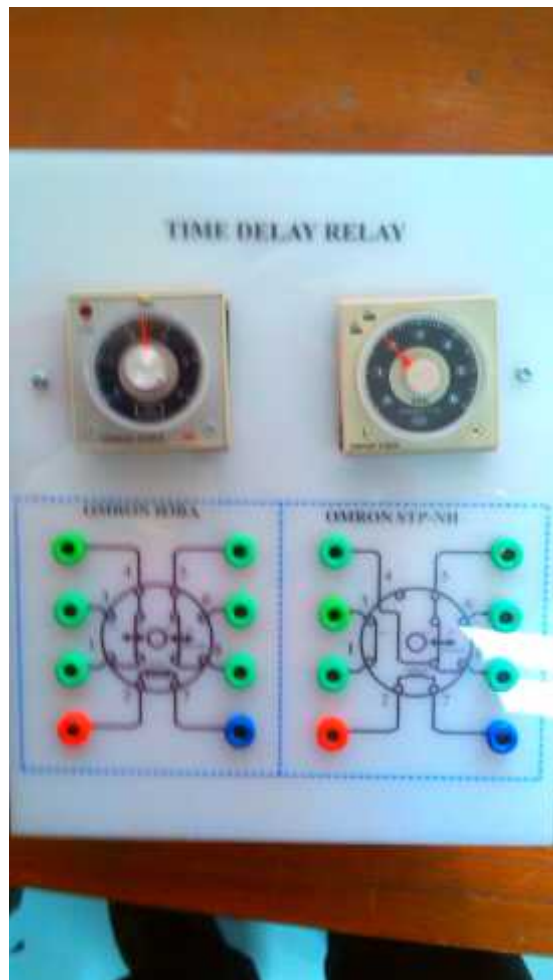
Gambar Modul *Push Button* NO, NC



Gambar Modul *Push Button* Jogging

6. Modul *Time Delay Relay*

Modul *Time delay relay* atau *relay* penunda batas waktu digunakan dalam instalasi motor listrik terutama instalasi yang membutuhkan pengaturan waktu secara otomatis. Pada trainer ini terdapat 2 buah modul *time delay relay* yang masing-masing berbeda yaitu *time delay relay by relay* tipe H3CR dan *time delay relay* tipe H3BA.



Gambar Modul *Time Delay Relay*

7. Modul *Emergency Stop*

Emergency stop merupakan jenis saklar yang apabila di tekan akan terkunci dan untuk melepaskannya harus di putar, modul *emergency stop* digunakan untuk mematikan sistem secara darurat. *Emergency Stop* memiliki dua buah output yaitu NC (*normally close*) dan NO (*normally open*). Pada trainer ini terdapat 1 buah *emergency stop*.



Gambar Modul *Emergency Stop*

8. Modul *Amperemeter*

Modul *Amperemeter* digunakan untuk mengetahui besarnya arus yang mengalir ke beban. Trainer ini menggunakan *amperemeter* dengan batas ukur 0-60 A.



Gambar Modul *Amperemeter*

9. Modul *Voltmeter*

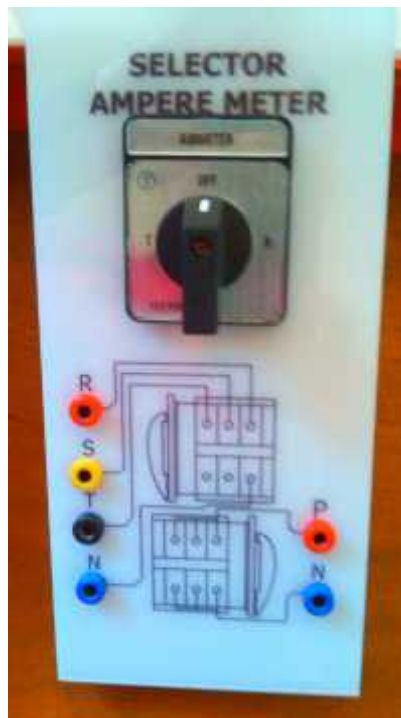
Modul *voltmeter* digunakan untuk mengetahui besarnya tegangan yang mengalir ke beban. Trainer ini menggunakan *voltmeter* dengan batas ukur 0-100 V.



Gambar Modul Voltmeter

10. Modul Switch Amperemeter

Modul *switch amperemeter* berfungsi untuk memilih parameter arus yang akan diukur pada *amperemeter*. Modul *switch amperemeter* ini terdapat 6 buah keluaran yang masing-masing dihubungkan ke dalam terminal hubung *banana plug*, 4 keluaran R, S, T, N menuju *output current transformer*, sedangkan 2 keluaran menuju ke *output voltmeter* V1 dan A2.



Gambar Modul *Selector Switch Amperemeter*

11. Modul *Switch Voltmeter*

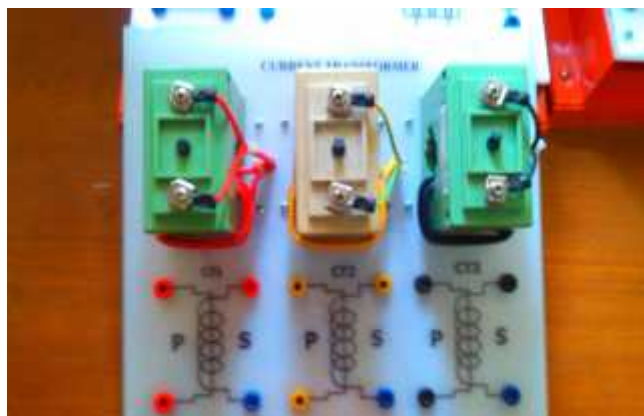
Modul *switch voltmeter* berfungsi untuk memilih parameter tegangan yang akan diukur pada voltmeter. Modul *switch voltmeter* ini terdapat 6 buah keluaran yang masing-masing dihubungkan ke dalam terminal hubung *banana plug*, 4 keluaran menuju ke phase R, S, T, N sedangkan 2 keluaran menuju ke *output voltmeter* V1 dan V2.



Gambar Modul *Selector Switch Voltmeter*

12. Modul *Current Transformer*

Modul *current transformer* digunakan untuk pengukuran arus listrik. Trainer ini terdapat 3 buah *current transformer* yang akan dihubungkan dengan modul *switch amperemeter* dan *amperemeter*.



Gambar Modul *Current Transformer*

13. Modul *Switch Auto-Manual*

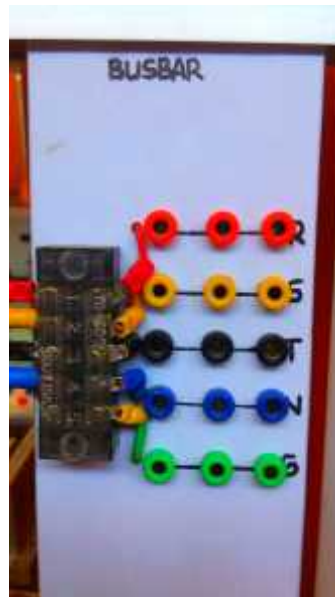
Modul *switch auto-manual* dalam trainer ini digunakan untuk memilih mode pengoperasian dengan mode manual dan mode otomatis.



Gambar *Switch Auto-Manual*

14. Modul *Busbar*

Modul *busbar* digunakan untuk menghubungkan *supply* tegangan PLN dengan MCB. Modul busbar ini terdapat terminal dengan banana plug yang terdiri atas sumber R, S, T, N.



Gambar Modul *Busbar*

15. Modul Lampu Pijar

Modul lampu pijar ini berfungsi untuk mengetahui apakah rangkaian kendali motor sudah benar apa belum khususnya pada pengujian motor *star-delta*. Modul lampu pijar ini terdapat 6 buah lampu pijar yang berdaya sama.



Gambar Modul Lampu Pijar

16. Modul Motor 3 Phase

Modul motor 3 phase pada trainer ini berfungsi sebagai beban yang akan diatur. Modul motor induksi ini terdapat 6 buah terminal yaitu U1, V1, W1, dan U2, V2, W2.



Gambar Modul Motor 3 Phase

C. *Frame Sliding* dan *Box Penyimpanan*

Frame sliding terbuat dari bahan aluminium yang berfungsi untuk meletakkan modul-modul trainer pada saat digunakan. Sedangkan *box* penyimpanan terbuat dari kayu berbentuk kotak.



Gambar *Frame Sliding* dan *Box Penyimpanan*

D. Keselamatan Kerja

1. Gunakanlah pakaian praktik (wearpack) selama melakukan praktik.
2. Bacalah dan pahami petunjuk
3. Gunakanlah alat sesuai dengan fungsinya
4. Rangkailah modul sesuai dengan gambar kerja

E. Identifikasi Kebutuhan Alat dan Beban

1. Pengoperasian Motor Mode Manual
 - a. Kebutuhan modul dan beban pengoperasian motor mode manual meliputi:

No	Nama Modul	Jumlah
1	Modul MCB 1 phase	1
2	Modul MCB 3 phase	1
3	Modul <i>Magnetic contactor</i>	1
4	Modul <i>Thermal overload relay</i>	1
5	Modul <i>Push button</i> NO	1
6	Modul <i>Push button</i> NC	1
7	Multimeter	1
8	Kabel penghubung	1
9	Motor 3 phase	1

b. Sumber tegangan 3 phase

2. Pengoperasian Motor Berurutan Mode Manual

a. Kebutuhan modul dan beban pengoperasian motor berurutan mode manual meliputi:

No	Nama Modul	Jumlah
1	Modul MCB 1 phase	1
2	Modul MCB 3 phase	1
3	Modul <i>Magnetic contactor</i>	2
4	Modul <i>Thermal overload relay</i>	1
5	Modul <i>Push button</i> NO	2
6	Modul <i>Push button</i> NC	2
7	Multimeter	1
8	Kabel penghubung	1
9	Motor 3 phase	2

b. Sumber tegangan 3 phase

3. Pengoperasian Motor Berurutan Mode Otomatis

a. Kebutuhan modul dan beban pengoperasian motor berurutan mode manual meliputi:

No	Nama Modul	Jumlah
1	Modul MCB 1 phase	1
2	Modul MCB 3 phase	1
3	Modul <i>Magnetic contactor</i>	2
4	Modul <i>Thermal overload relay</i>	1
5	Modul <i>Push button</i> NO	1
6	Modul <i>Push button</i> NC	2
7	Modul <i>Time delay relay</i>	2
8	Multimeter	1
9	Kabel penghubung	1
10	Motor 3 phase	2

b. Sumber tegangan 3 phase

4. Pengoperasian Motor Putar kanan-putar kiri Mode Manual

- a. Kebutuhan modul dan beban pengoperasian motor berurutan mode manual meliputi:

No	Nama Modul	Jumlah
1	Modul MCB 1 phase	1
2	Modul MCB 3 phase	1
3	Modul <i>Magnetic contactor</i>	2
4	Modul <i>Thermal overload relay</i>	1
5	Modul <i>Push button</i> NO	2
6	Modul <i>Push button</i> NC	1
7	Multimeter	1
8	Kabel penghubung	1
9	Motor 3 phase	1

- b. Sumber tegangan 3 phase

5. Pengoperasian Motor Putar kanan-putar kiri Mode Otomatis

- a. Kebutuhan modul dan beban pengoperasian motor berurutan mode manual meliputi:

No	Nama Modul	Jumlah
1	Modul MCB 1 phase	1
2	Modul MCB 3 phase	1
3	Modul <i>Magnetic contactor</i>	2
4	Modul <i>Thermal overload relay</i>	1
5	Modul <i>Push button</i> NO	1
6	Modul <i>Push button</i> NC	1
7	Modul <i>Time delay relay</i>	1
8	Multimeter	1
9	Kabel penghubung	1
10	Motor 3 phase	1

- b. Sumber tegangan 3 phase

6. Pengoperasian Motor Star-Delta Mode Manual

- a. Kebutuhan modul dan beban pengoperasian motor berurutan mode manual meliputi:

No	Nama Modul	Jumlah
1	Modul MCB 1 phase	1
2	Modul MCB 3 phase	1
3	Modul <i>Magnetic contactor</i>	3
4	Modul <i>Thermal overload relay</i>	1
5	Modul <i>Push button</i> NO	1
6	Modul <i>Push button</i> NC	1
7	Modul <i>Push button jogging</i>	1
8	Modul <i>Current transformer</i>	1
9	Modul <i>switch amperemeter</i>	1
10	Modul <i>amperemeter</i>	1
11	Modul <i>switch voltmeter</i>	1
12	Modul <i>voltmeter</i>	1
13	Multimeter	1
14	Kabel penghubung	1
15	Motor 3 phase	1

- b. Sumber tegangan 3 phase

- c. Modul lampu pijar

7. Pengoperasian Motor Star-Delta Mode Otomatis

- a. Kebutuhan modul dan beban pengoperasian motor berurutan mode manual meliputi:

No	Nama Modul	Jumlah
1	Modul MCB 1 phase	1
2	Modul MCB 3 phase	1
3	Modul <i>Magnetic contactor</i>	3
4	Modul <i>Thermal overload relay</i>	1
5	Modul <i>Push button</i> NC	1
6	Modul <i>Time Delay Relay</i>	1
7	Modul <i>Emergency Stop</i>	1
8	Modul <i>Auto-Manual</i>	1

9	Modul <i>Current transformer</i>	1
10	Modul <i>switch amperemeter</i>	1
11	Modul <i>amperemeter</i>	1
12	Modul <i>switch voltmeter</i>	1
13	Modul <i>voltmeter</i>	1
14	Multimeter	1
15	Kabel penghubung	1
16	Motor 3 phase	1

b. Sumber tegangan 3 phase

c. Modul lampu pijar

F. Penempatan Modul Pada Frame Sliding



Gambar Trainer Instalasi Listrik Industri

Pengaturan penempatan modul dapat disesuaikan dengan masing-masing pada pengoperasian motor 3 phase. Masing-masing modul dapat dipindahkan ke semua ruas *frame sliding*.

G. Langkah Kerja

Pengoperasian modul trainer instalasi listrik industri dilakukan dengan 2 mode pengoperasian yaitu pengoperasian mode manual dan mode otomatis. Pada mode manual menggunakan tombol tekan *push button*, sedangkan mode otomatis menggunakan *time delay relay*. Sebelum

menghidupkan rangkaian power, rangkaian pengendalinya harus sudah benar agar rangkaian dapat bekerja dengan sebagaimana mestinya. Berikut ini langkah-langkah kerja pada pengoperasian trainer instalasi listrik industri:

1. Mode Manual

- a. Letakkan modul trainer instalasi listrik industri pada frame sliding
- b. Rangkailah modul trainer instalasi listrik industri sesuai dengan gambar rangkaian, baik rangkaian power maupun pengendalinya.
- c. Hidupkan MCB 1 phase
- d. Tekan tombol *push button* NO
- e. Lakukan pengamatan
- f. Tekan tombol *push button* NC
- g. Hidupkan MCB 3 phase
- h. Tekan tombol *push button* No
- i. Lakukan pengamatan
- j. Setelah selesai, matikan rangkaian dengan menekan tombol *push button* NC dan matikan MCB.

2. Mode Otomatis

- a. Letakkan modul trainer instalasi listrik industri pada frame sliding
- b. Rangkailah modul trainer instalasi listrik industri sesuai dengan gambar rangkaian, baik rangkaian power maupun pengendalinya.
- c. Hidupkan MCB 1 phase

- d. Tekan tombol *push button* NO atau putar *switch auto-manual* ke posisi *auto*
- e. Lakukan pengamatan
- f. Tekan tombol *push button* NC
- g. Hidupkan MCB 3 phase
- h. Tekan tombol *push button* No
- i. Lakukan pengamatan
- j. Setelah selesai, matikan rangkaian dengan menekan tombol *push button* NC dan matikan MCB.

H. Pengambilan Data

Pengambilan data pada instalasi listrik industry hanya dilakukan pada pengoperasian motor *star-delta*. Berikut ini tabel pengukurannya.

1. Pengukuran Motor *Start-Delta* Mode Auto-Manual

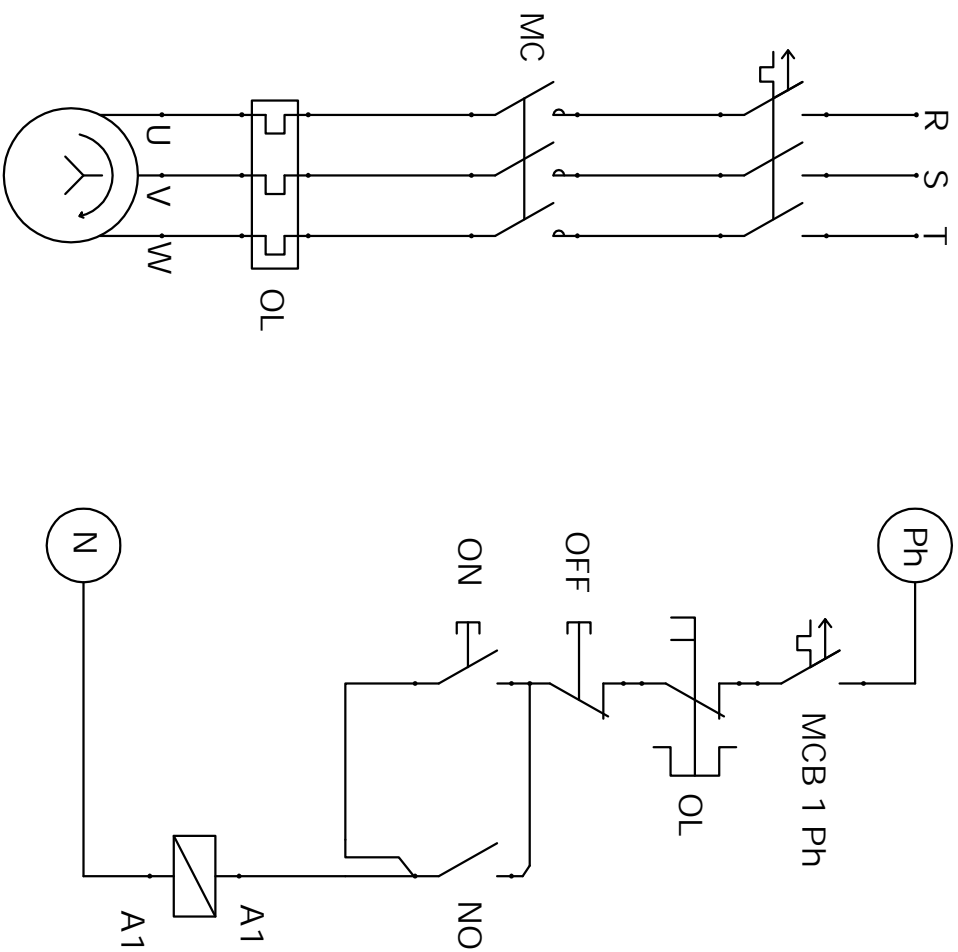
[illegible]


I. Penyimpanan Modul Trainer

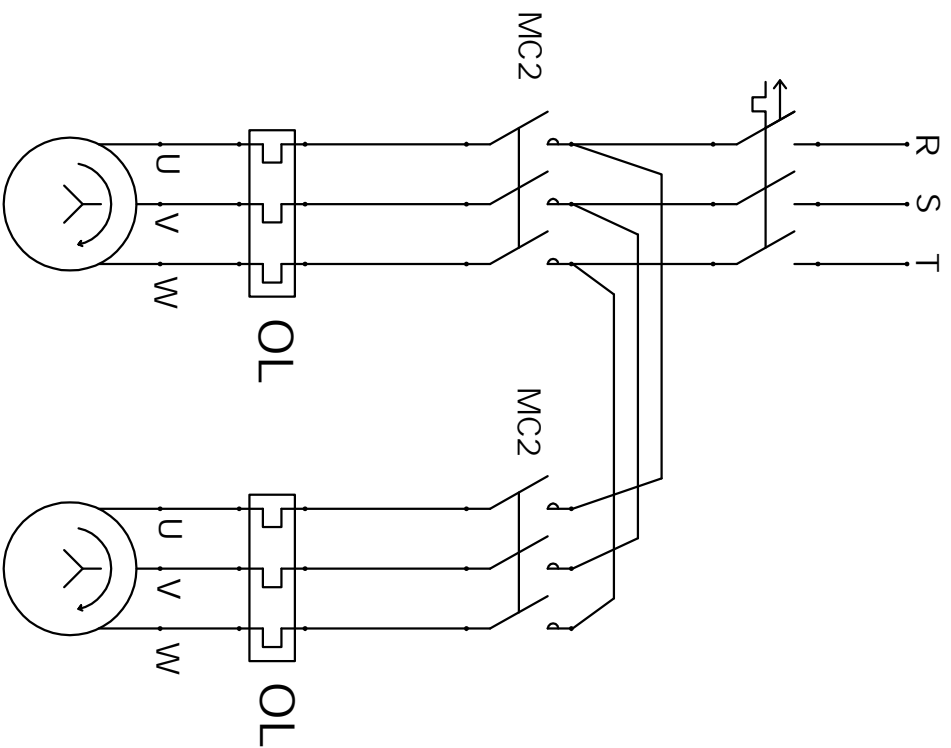


Gambar Tata Letak Penyimpanan Modul

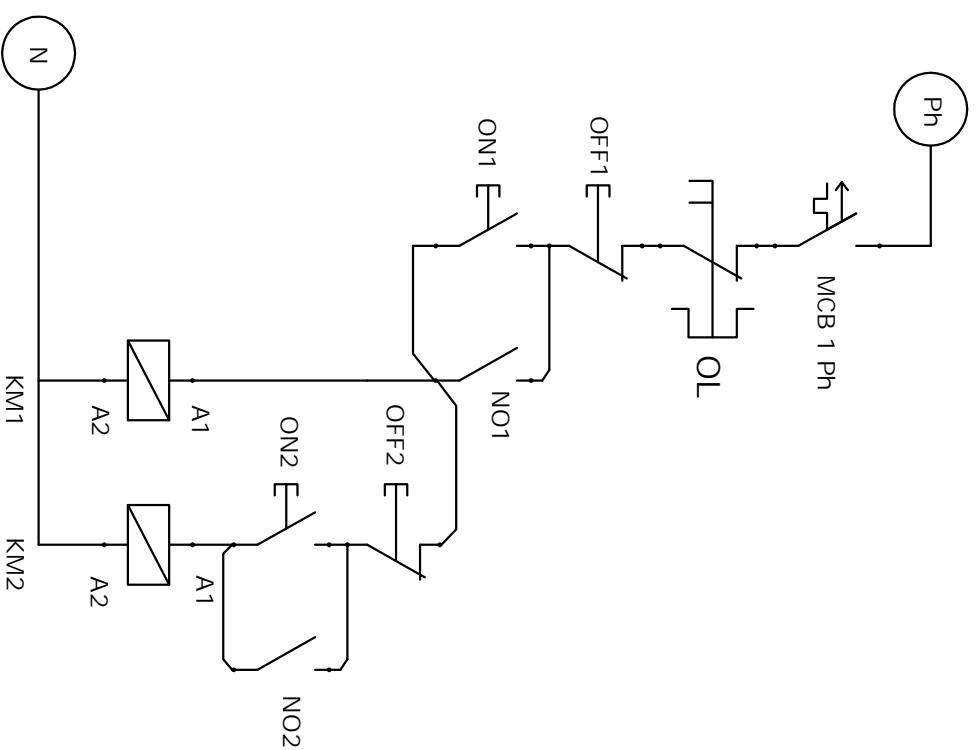
Setelah komponen modul trainer instalasi listrik industri selesai digunakan, semua modul-modul diletakkan ke dalam *box* penyimpanan sesuai dengan letaknya masing-masing seperti gambar diatas disertai dengan melepas *frame sliding* dan diletakkan ke dalam ruas penyimpanan *frame*. Hal ini bertujuan untuk menjaga kondisi komponen dan apabila diperlukan untuk praktik diluar kampus dapat dibawa sekaligus.




KEGIATAN	:	<div>KENDALI MOTOR 3 PHASE MANUAL</div> <div><div>UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA</div></div> <div>A4</div>	
WAKTU	:		
PENANGGUNG JAWAB	:		
CREATED BY	:		
	TEGUH SANTOSO	<div>SKALA</div> <div>:</div>	
		<div>GAMBAR</div> <div>:</div> <div>RANGKAIAN POWER</div>	
		<div>GAMBAR</div> <div>:</div> <div>RANGKAIAN KENDALI</div>	
		<div>GAMBAR</div> <div>:</div>	

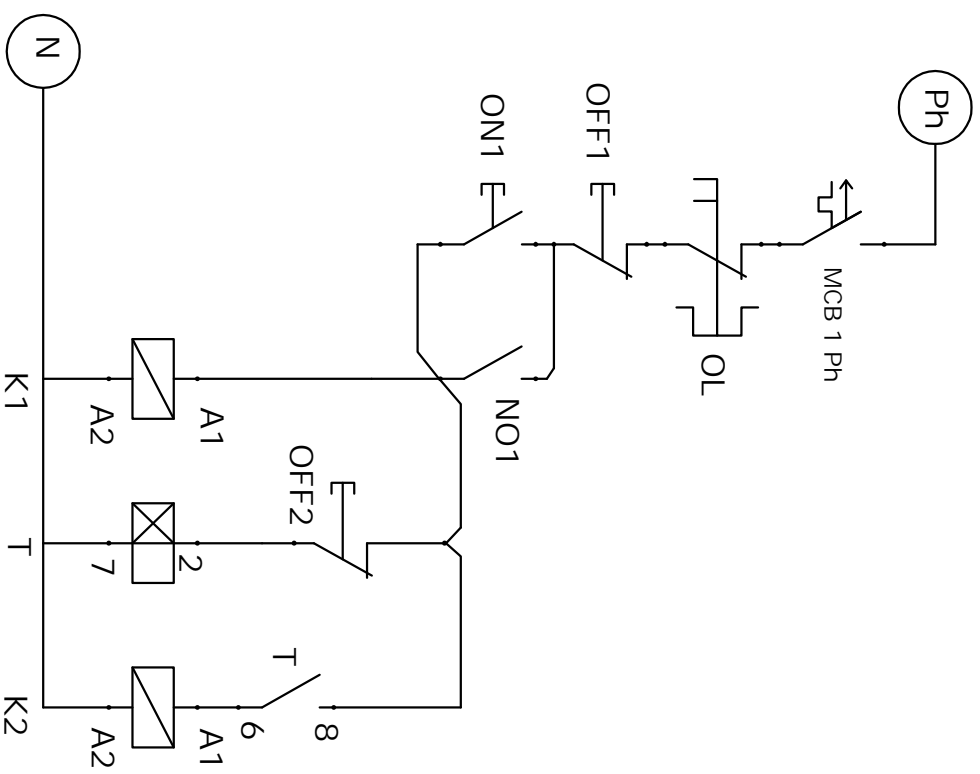
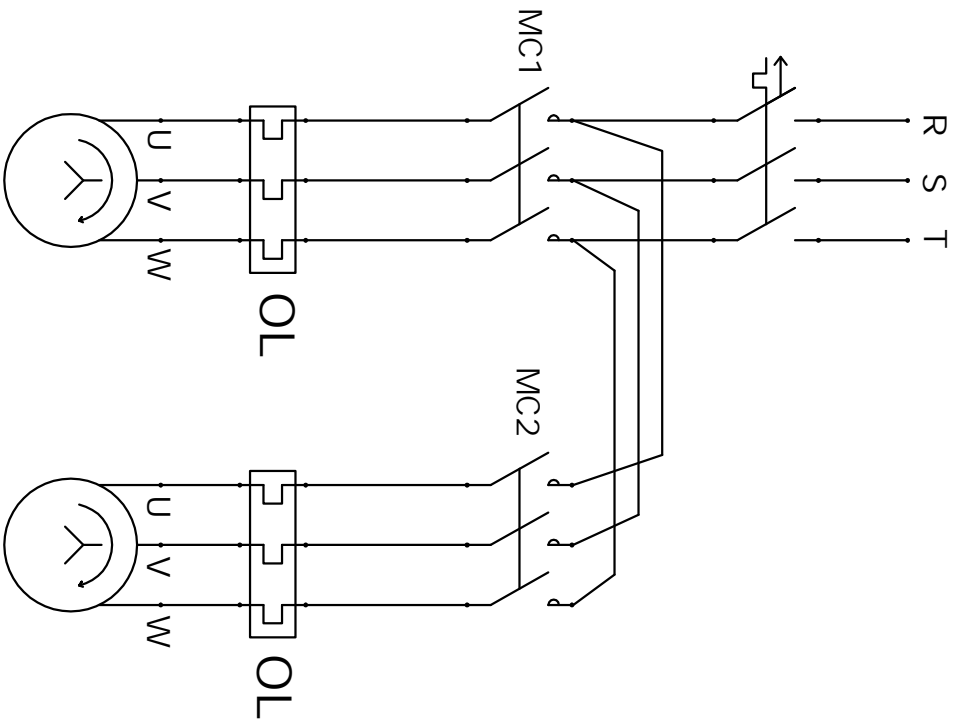


RANGKAIAN POWER




RANGKAIAN PENGENDALI

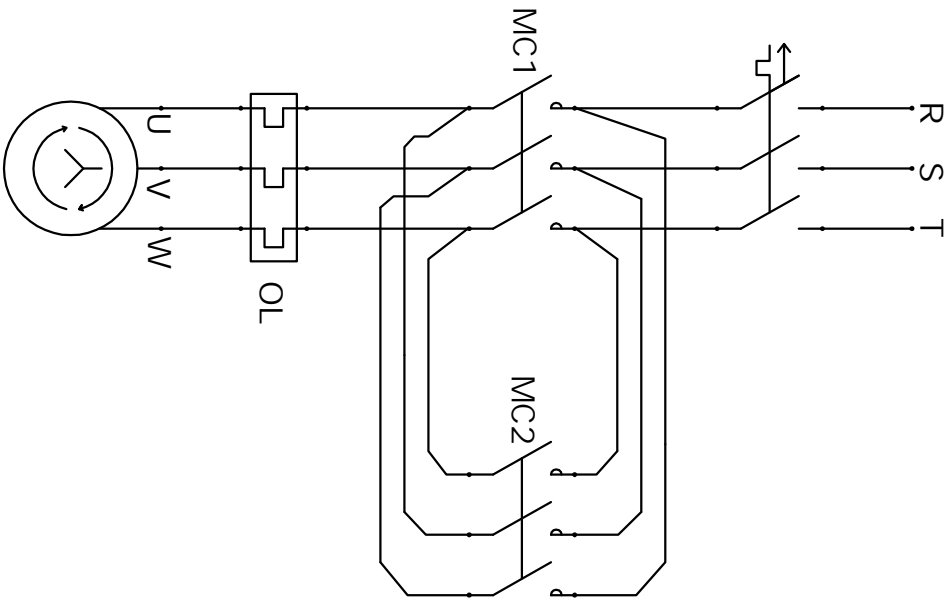
KEGIATAN :	KENDALI MOTOR 3 PHASE BERURUTAN MANUAL	
WAKTU :		
PENANGGUNG JAWAB :	 UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA	
CREATED BY :	TEGUH SANTOSO	
SKALA :	A4	
GAMBAR :	RANGKAIAN POWER	
GAMBAR :	RANGKAIAN KENDALI	
GAMBAR :		



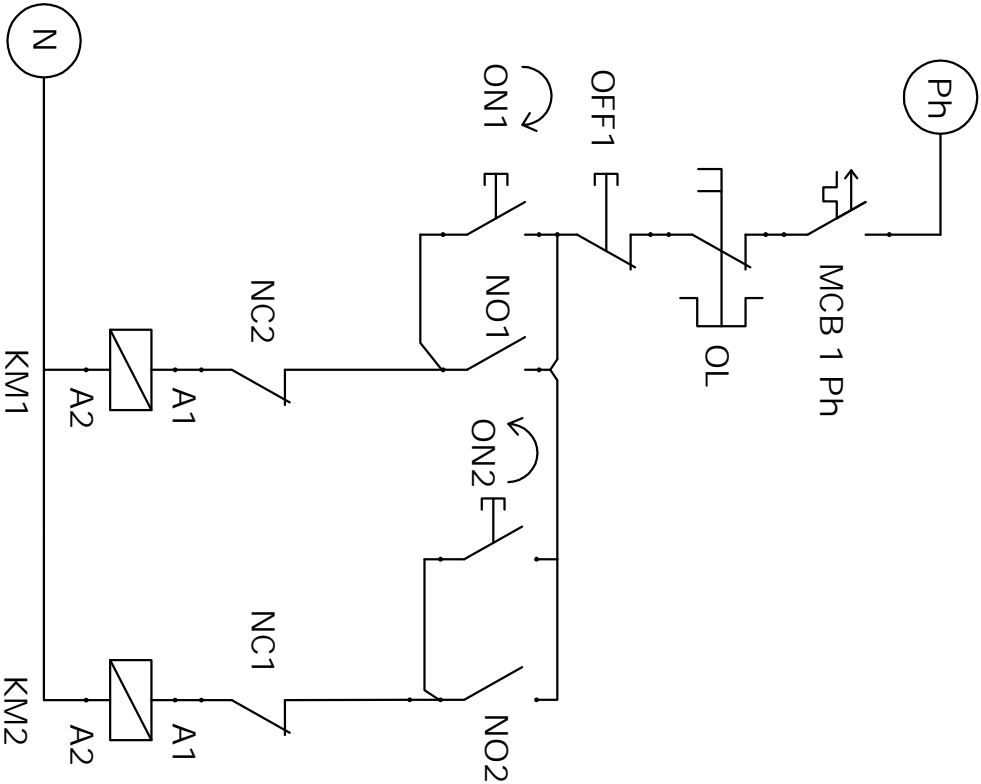
RANGKAIAN POWER

RANGKAIAN PENGENDALI

KEGIATAN	:	KENDALI MOTOR 3 PHASE BERURUTAN OTOMATIS	
WAKTU	:		
PENANGGUNG JAWAB	:	<div><div>UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA</div></div>	
CREATED BY	:	TEGUH SANTOSO	A3
SKALA	:		
GAMBAR	:	RANGKAIAN POWER	
GAMBAR	:	RANGKAIAN KENDALI	
GAMBAR	:		

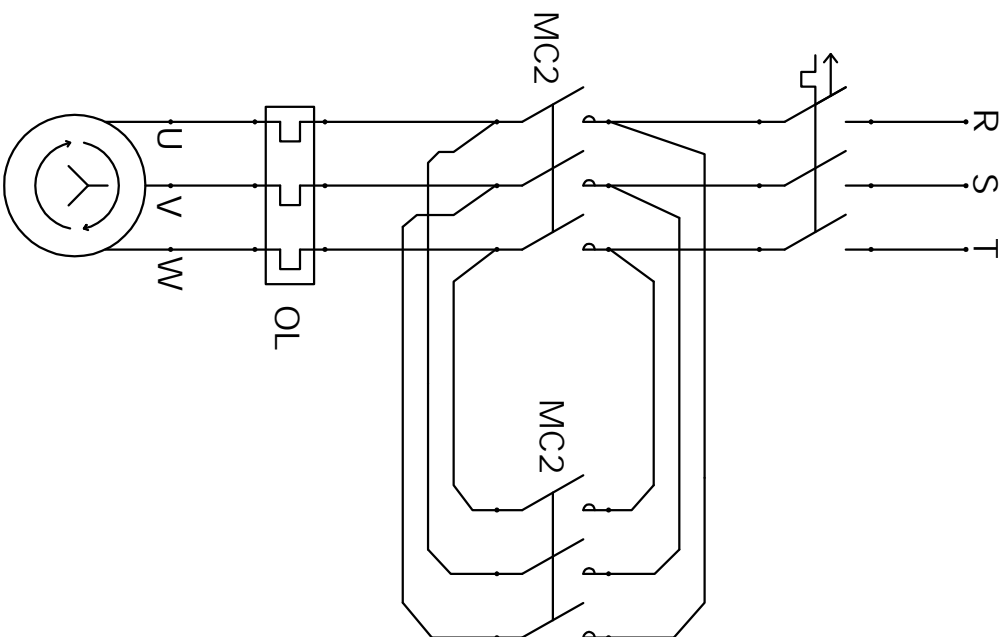


RANGKAIAN POWER

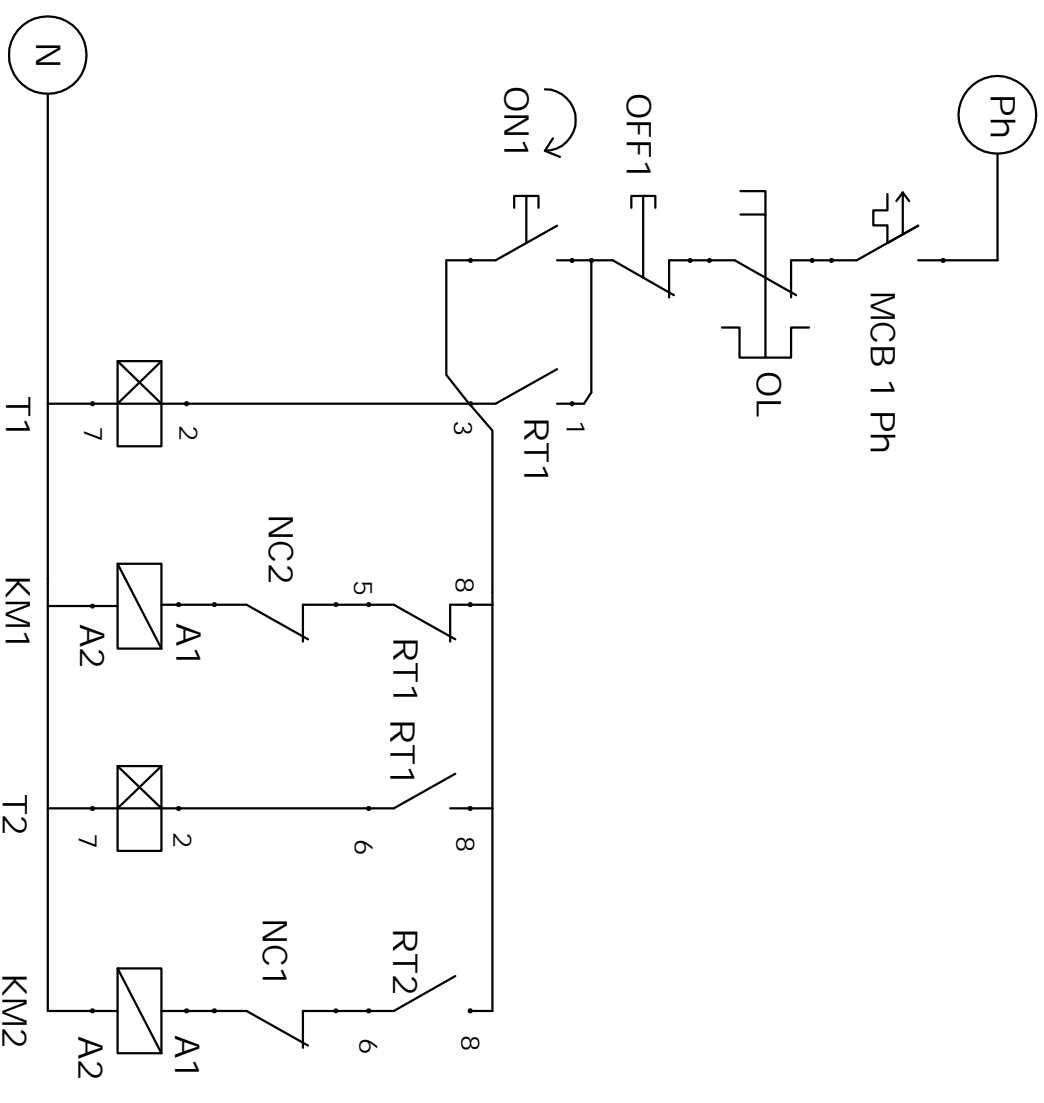


RANGKAIAN PENGENDALI

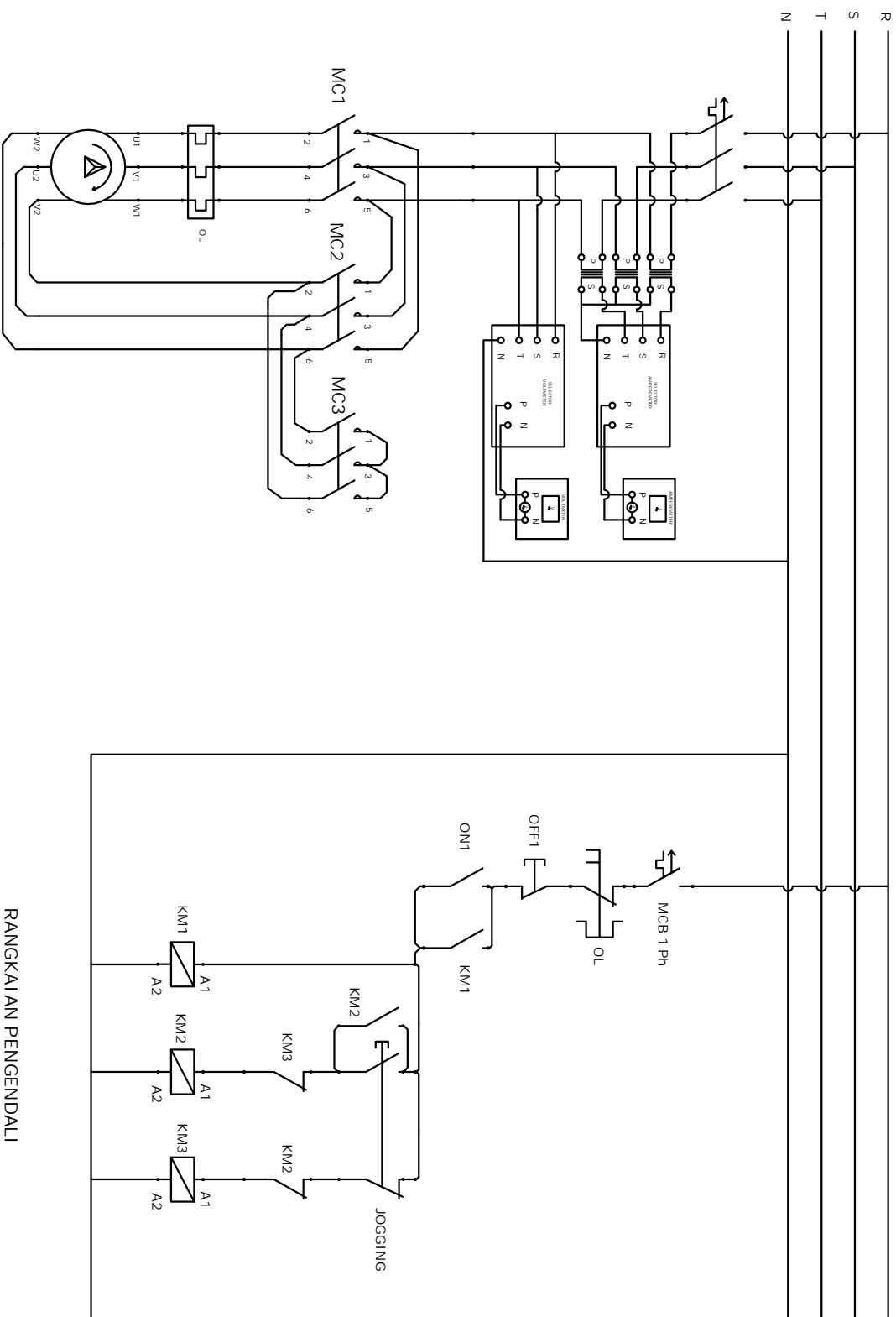
KEGIATAN :	KENDALI MOTOR 3 PHASE PUTAR KANAN-KIRI MANUAL		
WAKTU :	A4		
PENANGGUNG JAWAB :	GAMBAR : RANGKAIAN POWER		
CREATED BY : TEGUH SANTOSO	GAMBAR : RANGKAIAN KENDALI		



RANGKAIAN POWER





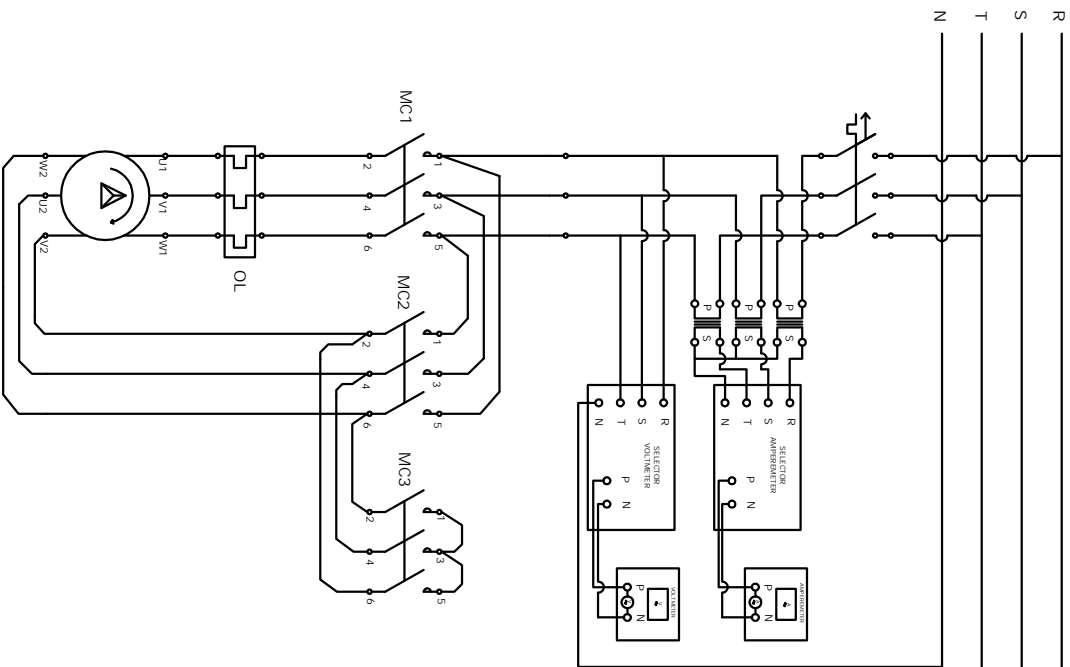
RANGKAIAN PENGENDALI



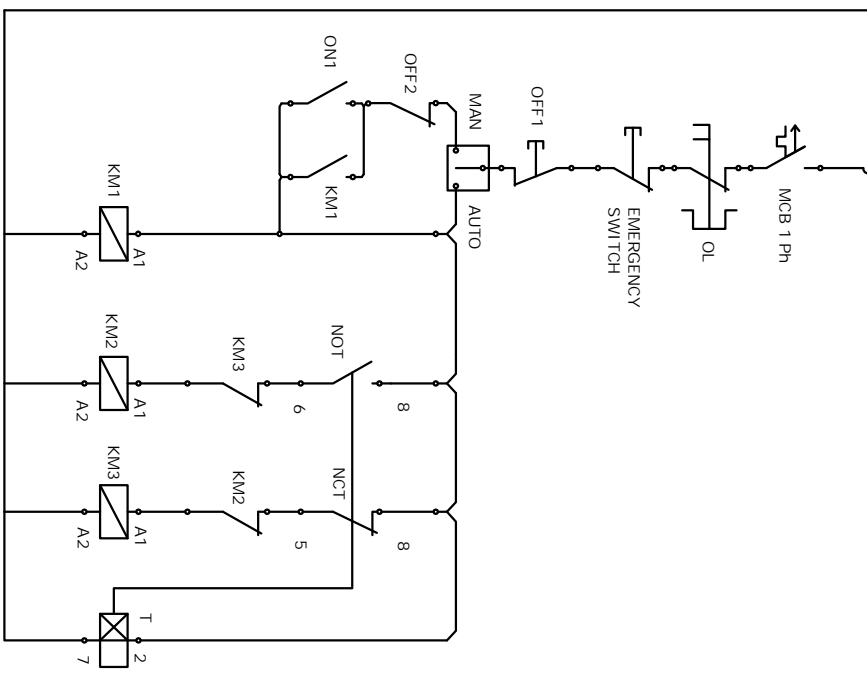
RANGKAIAN POWER

RANGKAIAN PENGENDALI


KEGIATAN :	KENDALI MOTOR 3 PHASE START-DELTA MANUAL			SKALA :
WAKTU :				GAMBAR : RANGKAIAN POWER
PENANGGUNG JAWAB :	 UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA			GAMBAR : RANGKAIAN KENDALI
CREATED BY : TEGUH SANTOSO	 UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA			GAMBAR :



RANGKAIAN POWER



RANGKAIAN PENGENDALI

KEGIATAN :	KENDALI MOTOR 3 PHASE START-DELTA AUTO-MANUAL			A4	SKALA :
WAKTU :					GAMBAR : RANGKAIAN POWER
PENANGGUNG JAWAB :					GAMBAR : RANGKAIAN KENDALI
CREATED BY : TEGUH SANTOSO	 UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA				GAMBAR :

Yogyakarta, 15 September 2015

Hal : Permohonan Validasi

Lampiran : 1 bendel

Kepada Yth,

Muhammad Ali, M.T.

Dosen Jurusan Pendidikan Teknik Elektro

Fakultas Teknik UNY

di Yogyakarta

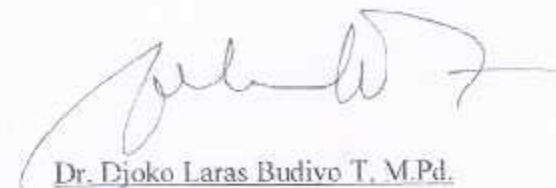
Dengan hormat,

Dengan ini kami mohon bantuan Bapak untuk memberi judgement, saran serta masukan terhadap instrumen penelitian yang berjudul "**Pengembangan Modul Trainer Instalasi Listrik Industri**".

Demikian surat ini kami buat, atas bantuan Bapak kami ucapkan terima kasih.

Mengetahui,

Dosen Pembimbing



Dr. Djoko Laras Budivo T, M.Pd.

NIP. 19640525 198901 1 002

Pemohon



Teguh Santoso

NIM. 12506134041

SURAT PERNYATAAN JUDGEMENT INSTRUMEN PENELITIAN

Saya yang bertanda di bawah ini :

Nama : Muhammad Ali, M.T.

NIP : 19741127 200003 1 001

Menyatakan bahwa instrumen penelitian :

Nama peneliti : Teguh Santoso

NIM : 12506134041

Program studi : Teknik Elektro-D3

Judul penelitian : Pengembangan Modul Trainer Instalasi Listrik Industri

Telah mengadakan konsultasi dan setelah saya lakukan pengkajian, maka kami berikan perbaikan dan saran sebagai berikut:

- Sama dengan TS instrumen sebelumnya*
- Aspek yang dinilai sebaiknya diambil dari sumber yang valid (jurnal) atau Penelitian.
 - Kalimat diperbaiki dg pola SPoK
 - K3 gunakan K3 listrik → catitkan dg 4M K3
 - Kemudahan diganti aspek penggunaan.

dan selanjutnya instrument ini layak digunakan dalam proses penelitian tentang uji ergonomi.

Yogyakarta, 15 September 2015

Pemberi Judgement,



Muhammad Ali, M.T.

NIP. 19741127 200003 1 001

Uji Ergonomi

No	Aspek	Indikator	No. Butir
1	Estetika	- Keserasian tata letak trainer	1
		- Warna trainer	2
		- Kejelasan simbol dan keterangan gambar	3
2	Ergonomis	- Bentuk dan posisi trainer	4
		- Kesesuaian dimensi trainer	5
3	Keamanan, Kesehatan, dan Keselamatan	- Penggunaan bahan	6
		- Penggunaan komponen	7
		- Instalasi komponen	8
		- Peralatan pendukung	9
4	Penggunaan	- Kemudahan merangkai	10,11
		- Kemudahan mengoperasikan	12
		- Kemudahan menata	13
		- Kemudahan menyimpan dan memindah	14

Instrument Penggunaan Trainer Oleh Mahasiswa

Berikan tanda cek () pada kolom yang tersedia sesuai dengan pendapat saudara terhadap setiap pernyataan tentang **Modul Trainer Instalasi Industri**. Sebelum dan sesudahnya kami ucapkan terimakasih.

Keterangan :

4 : Sangat Setuju

3 : Setuju

2 : Kurang Setuju

1 : Tidak setuju

No	Pernyataan	Skor			
		4	3	2	1
1	Tata letak komponen, gambar simbol dan keterangan pada modul ini sangat memperhatikan estetika keindahan dan keserasian sehingga enak dipandang dan mudah untuk dipahami.				
2	Komposisi warna masing-masing terminal sudah tepat dan terang sehingga memperjelas bagian-bagian modul yang ada didalamnya.				
3	Keterangan dan gambar simbol pada modul trainer ini jelas, tegas, dan mudah dipahami.				
4	Bentuk dan posisi trainer ini sudah sesuai sehingga membuat saya nyaman dalam merangkai maupun mengoperasikan				
5	Secara umum dimensi dan ukuran dari trainer ini sudah sesuai dengan postur tubuh pengguna sehingga membuat saya nyaman dan tidak mudah lelah dalam menggunakan.				
6	Trainer ini terbuat dari bahan yang aman yaitu menggunakan bahan acrylic sehingga aman bagi keselamatan dan kesehatan pengguna.				
7	Seluruh komponen modul yang digunakan dalam trainer ini telah sesuai standart berdasarkan SNI sehingga aman untuk				

	digunakan, seperti MCB, kontaktor magnet, dan sebagainya				
8	Instalasi antar komponen dalam trainer ini telah sesuai dengan peraturan berstandart PUIL, 2000 dan selalu memperhatikan aspek keselamatan pengguna				
9	Seluruh komponen dan peralatan pendukung dalam trainer ini aman untuk digunakan seperti multimeter, tang ampere, amperemeter, dan kabel jumper				
10	Saya dapat dengan mudah merangkai antar modul trainer menggunakan kabel penghubung (kabel jumper) sesuai dengan gambar.				
11	Penggunaan terminal hubung banana plug sudah sesuai, karena dapat dirangkai secara berulang-ulang dan dapat segera diperbaiki apabila terjadi kesalahan				
12	Saya dapat dengan mudah menggunakan dan mengoperasikan trainer ini sesuai dengan fungsi dan cara kerjanya				
13	Dengan menggunakan konsep frame sliding saya dapat dengan mudah menata dan memilih modul trainer yang akan dipakai				
14	Dengan adanya box penyimpanan membuat trainer ini lebih mudah dalam perawatan dan mudah untuk dipindahkan				

Responden

(.....)

**Data Hasil Uji Ergonomi Trainer Instalasi
Listrik oleh Mahasiswa**

Butir Pernyataan	Responden														Xt	Yt	Persentase (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
1	3	3	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	2	3	45	55	81.82
2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	3	3	3	4	48	55	87.27
3	3	3	4	3	3	4	4	4	4	3	3	3	2	3	46	55	83.64
4	3	4	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	1	3	42	55	76.36
5	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	2	4	44	55	80
6	4	4	4	3	3	3	4	3	3	4	3	3	3	4	48	55	87.27
7	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	4	43	55	78.18
8	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	43	55	78.18
9	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	43	55	78.18
10	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	42	55	76.36
11	3	3	3	3	3	3	3	4	3	4	3	3	2	4	44	55	80
12	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	43	55	78.18
13	4	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	2	3	44	55	80
14	4	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	4	45	55	81.82
Total															620	770	80.52

No	Aspek	Skor yang diobservasi	Skor yang diharapkan	Persentase (%)
1	Estetika	139	165	85.24
2	Ergonomis	86	110	78.18
3	Keamanaan, Kesehatan, dan Keselamatan	177	220	80.45
4	Penggunaan	218	275	79.27
Total		620	770	80.52

Dokumentasi

