



# Rancang Bangun Modul Pembelajaran Bengkel Listrik (*Designing Electric Workshop Learning Modules*)

Sonong Sonong<sup>1)</sup>, Herman Nawir<sup>2)</sup>, Muhammad Ruswandi Djalal<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Program Studi Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Ujung Pandang Makassar, Indonesia

<sup>2,3)</sup> Program Studi Teknik Pembangkit Energi, Politeknik Negeri Ujung Pandang Makassar, Indonesia

<sup>1)</sup> sonong@poliupg.ac.id

<sup>2)</sup> herman\_nawir@poliupg.ac.id

<sup>3)</sup> wandi@poliupg.ac.id

**Abstract-** Electric motor is an electric machine that has a function as a converter of electrical energy into mechanical energy. Electric motors are widely used as movers because they are better in terms of technical and economical, but have disadvantages such as large initial currents so that they cannot last long, to overcome this can be used Y-utan star starting method both manually and automatically created in a panel box. In the operation and manufacture of a protection system for a 3 phase induction motor, some supporting equipment can be arranged in a panel box so that motor performance can be maximized. The results of this tool design are in the form of a panel box in which there are three types of circuits, namely: 3 phase induction motor operation circuit with the starting Y- $\Delta$  automatically, reversing the direction of 3 phase induction motor rotation, and 3 phase induction motor operation in two places. Where the series is equipped with a protection system and can be operated manually and automatically.

Keywords: Mechanical energy; Starting; Protection system.

**Abstrak-** Motor listrik merupakan mesin listrik yang mempunyai fungsi sebagai pengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor listrik banyak digunakan sebagai penggerak karena lebih baik dari segi teknis maupun ekonomis, namun memiliki kekurangan seperti arus awal yang besar sehingga tidak dapat bertahan lama, untuk mengatasi hal tersebut dapat digunakan metode pengasutan star Y- $\Delta$  baik secara manual maupun secara otomatis yang dibuat dalam sebuah panel box. Pada pengoperasian dan pembuatan sistem proteksi untuk motor induksi 3 fasa dibutuhkan beberapa peralatan pendukung yang dapat dirangkai dalam panel box sehingga kinerja motor dapat lebih maksimal. Hasil perancangan alat ini berupa panel box yang di dalamnya terdapat tiga jenis rangkaian, yaitu: rangkaian pengoperasian motor induksi 3 fasa dengan starting Y- $\Delta$  secara otomatis, membalik arah putaran motor induksi 3 fasa, dan pengoperasian motor induksi 3 fasa pada dua tempat. Dimana rangkaian tersebut telah dilengkapi dengan sistem proteksi dan dapat dioperasikan secara manual dan otomatis.

Kata Kunci: Energi mekanik; Pengasutan; Sistem Proteksi.

## LATAR BELAKANG

Motor listrik adalah mesin listrik yang berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi gerak mekanik, dimana energi mekanik tersebut berupa putaran dari motor. Menurut [1]. Pada dasarnya semua jenis motor induksi mempunyai rotor dan stator, dimana rotor merupakan bagian yang berputar sedangkan stator merupakan bagian yang diam.

Berdasarkan jenis arus listrik yang digunakan, motor listrik dibagi menjadi dua bagian yaitu : motor satu fasa dan motor tiga fasa. Motor listrik tiga fasa merupakan jenis motor yang paling banyak digunakan pada bengkel listrik program studi Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang dan secara luas baik dalam industri besar maupun kecil. Adapun penggunaan motor induksi di industri ini adalah sebagai penggerak, seperti untuk *blower*, kompresor, pompa, penggerak utama proses produksi, peralatan *workshop* seperti mesin-mesin bor, gerinda, crane, dan sebagainya [2]. Hal ini dimungkinkan karena motor jenis tiga fasa memiliki keunggulan baik dari segi teknis maupun ekonomis.

Motor listrik tiga fasa memiliki kekurangan seperti arus awal yang besar, untuk mengatasi kekurangan itu maka digunakan metode pengasutan bintang-segitiga. Sistem pengasutan bintang-segitiga ini sangat sederhana dan dapat diterapkan untuk semua jenis motor listrik tiga fasa. Sekarang sistem pengasutan ini telah banyak digunakan karena memiliki kelebihan antara lain menurunkan arus starting yang besar. Dengan arus starting yang lebih rendah, maka jatuh tegangan jaringan listrik tidak terlalu besar sehingga kualitas daya listrik menjadi lebih baik serta memperpanjang usia motor.

Perancangan ini mencoba membandingkan kinerja sistem pengasutan motor listrik tiga fasa secara manual dan otomatis yang dirangkai sesuai standar dan mengembangkan alat sebelumnya yang hanya dapat digunakan untuk satu jenis job menjadi beberapa job praktikum bengkel listrik dengan

adanya alat rancangan baru ini. Pengembangan dari penelitian ini adalah seperti monitoring dan pengendalian berbasis perangkat lunak seperti [3, 4].

**TEORI DASAR**

*Motor Induksi*

Motor listrik adalah mesin listrik yang berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi gerak mekanik, dimana energi mekanik tersebut berupa putaran dari motor.

**Komponen**

Pada dasarnya motor induksi 3 fasa memiliki dua komponen utama yang dapat dilihat pada Gambar 1.

[Figure 1 about here.]

**Stator (bagian motor yang diam)**

Stator merupakan bagian yang diam. Stator dibuat dari sejumlah *stampings* dengan *slots* untuk membawa gulungan tiga fasa. Gulungan ini dilingkarkan untuk sejumlah kutub, gulungan diberi spasi geometri sebesar 120°. Gambar 2

[Figure 2 about here.]

**Rotor (bagian motor yang bergerak)**

Rotor merupakan bagian yang bergerak atau berputar. Rotor akan berputar dalam arah yang sama dengan arah medan putar stator, untuk mengurangi beda kecepatan diatas. Jika rotor dibebani, maka putaran rotor akan turun sehingga terjadi perbedaan kecepatan putaran antara rotor dan stator, perbedaan kecepatan putaran ini disebut slip [5] Gambar 3.

[Figure 3 about here.]

*Prinsip Kerja Motor Induksi*

Pada dasarnya ada beberapa prinsip penting pada motor – motor induksi yaitu :

1. Apabila sumber tegangan tiga fasa dipasang pada kumparan stator, timbullah medan putar dengan kecepatan.
2. Medan putar stator tersebut akan memotong batang konduktor pada rotor.
3. Akibatnya pada kumparan rotor timbul induksi (ggl) sebesar : Gambar 4
4. Karena kumparan rotor merupakan rangkaian yang tertutup, ggl (E) akan menghasilkan arus (I).
5. Adanya arus didalam medan magnet menimbulkan gaya pada motor.
6. Bila kopel mula dihasilkan oleh gaya (F) pada rotor cukup besar untuk memikul kopel beban, rotor akan berputar searah dengan medan putar stator.

7. Tegangan induksi timbul karena terpotongnya batang konduktor (rotor) oleh medan putar stator. Artinya agar tegangan terinduksi diperlukan adanya perbedaan relatif antara kecepatan medan putar stator (ns) dengan kecepatan berputar rotor (nr).
8. Perbedaan kecepatan antara nr dan ns disebut slip (s) dinyatakan dengan : Gambar 5
9. Bila nr = ns, tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak mengalir pada kumparan jangkar (rotor), dengan demikian tidak dihasilkan kopel. Kopel motor akan ditimbulkan apabila nr lebih kecil dari ns.
10. Dilihat dari cara kerjanya maka motor tak serempak disebut juga motor induksi atau motor asinkron.

[Figure 4 about here.]

[Figure 5 about here.]

• *Sambungan Wye (Y) / Delta (Δ) pada Sistem Tiga-Fasa*

Star delta adalah sebuah sistem starting motor yang paling banyak digunakan untuk starting motor induksi tiga fasa. Metode star delta adalah metode pengasutan dengan mengurangi tegangan yang masuk ke kumparan motor. Keuntungan motor induksi tiga fasa menggunakan hubungan star delta adalah arus hubungan star lebih kecil terhadap arus hubungan delta.

**Sambungan wye (Y)**

Pada dasarnya sambungan star (bintang) dilakukan dengan cara menyambungkan ketiga ujung yang sejenis (pangkal atau ujung) dari ketiga lilitan kumparan motor induksi tiga fasa tersebut. Hal ini diperlihatkan pada gambar 4. Pada sistem sambungan star kumparan akan menerima tegangan sebesar  $V_L/\sqrt{3}$ . Oleh karena tegangan yang diterima kumparan motor lebih kecil dari tegangan sumber maka arus yang mengalir pada kumparan motor sama dengan arus sumber. Gambar 6

[Figure 6 about here.]

Jika beban yang dilayani adalah seimbang maka arus dalam tiap fasa akan sama besarnya namun berbeda sudut fasa 120° satu sama lain. Dengan demikian jumlah vector dari ketiga arus-arus tersebut adalah nol.

**Arus-arus fasa**

Ada beberapa hal yang perlu diingat sehubungan dengan arus yang mengalir dalam tiap fasa.

1. Tanda panah yang menyertai symbol arus mengidentifikasi arah aliran arus apabila arus tersebut positif, bukan menunjukkan aliran arus sesaat.

2. Arus yang mengalir keluar disalah satu atau dua penghantar akan selalu sama dengan arus yang mengalir kedalam penghantar lainnya. Dengan kata lain, setiap penghantar menyediakan dirinya sebagai jalur kembali terhadap arus-arus di penghantar lainnya. Jadi, pada tiap saat jumlah arus di ketiga fasa adalah nol.

Tegangan, arus, dan daya pada sambungan Y

Tegangan dan arus yang timbul di dalam fasa disebut tegangan fasa dan arus fasa. Besar dari ketiga tegangan fasa adalah sama dengan disimbolkan dengan  $E_{ph}$ . Arus yang mengalir dalam penghantar yang tersambung ke beban disebut arus saluran dan besarnya disimbolkan dengan  $I_L$ . Beda tegangan antara dua penghantar disebut tegangan saluran dan besarnya disimbolkan dengan  $V_L$ . Untuk beban induktif, arus-arus fasa tidak sefasa dengan tegangan fasa tetapi terlambat karena kumparan jangkar generator mempunyai nilai induktansi. Selanjutnya daya total dalam rangkaian yang merupakan jumlah daya dalam ketiga fasa dapat ditentukan:

**Sambungan Delta ( $\Delta$ )**

Hubungan sistem delta (segitiga) dilakukan dengan cara menghubungkan ujung kumparan pertama ke pangkal kumparan berikutnya, sehingga diperoleh rangkaian tertutup yang simetris. Pada hubungan delta tegangan yang diterima kumparan motor sama dengan tegangan line  $V_f = V_L$  dan arus yang mengalir pada kumparan motor sebesar  $I_L/\sqrt{3}$ . Gambar 7

[Figure 7 about here.]

Dalam keadaan ketiga terminal R, S, dan T terbuka atau belum melayani beban maka jumlah ketiga tegangan didalam rangkaian  $\Delta$  adalah nol.

- Tegangan fasa dan tegangan saluran

Dari gambar 5 dapat diaktakan bahwa besar tegangan saluran sama dengan tegangan fasa.

- Tegangan, arus, dan daya pada hubungan  $\Delta$

Karena sifat induktif dari kumparan jangkar, maka dari gambar 5 terlihat bahwa  $I_R$  akan terlambat dari  $V_{RS}$ ,  $I_S$  akan terlambat dari  $V_{ST}$  dan  $I_T$  akan terlambat dari  $V_{TR}$  masing – masing sebesar sudut .

Pada gambar di bawah dapat dilihat bahwa apabila MCB 3 fasa dan MCB 1 fasa di on-kan maka arus baru sampai di PB1 NO, sehingga jika PB1 ditekan maka K1 berpenguatan dan bekerja untuk menarik kontak-kontaknya. K1 masih bekerja walau PB1 dilepas karena masih ada penguatan dari kontak K1 NO (13-14) yang menjadi NC. Selain K1 bekerja, arus juga mengalir ke K2 dan TDR melalui kontak bantu K1 (43-44), sehingga motor bekerja dalam keadaan bintang. Setelah beberapa saat kemudian, sesuai dengan waktu yang ditentukan TDR mengubah kontak-kontaknya, sehingga K2 tidak

bekerja karena kontak NC dari TDR berubah menjadi NO, sebaliknya K3 yang bekerja karena terhubung dengan NO pada TDR dan sekarang motor terhubung segitiga. Gambar 8

[Figure 8 about here.]

- *Membalik Arah Putaran Motor Induksi 3 Fasa Gambar 9*

[Figure 9 about here.]

Untuk membalik arah putaran motor induksi 3 fasa adalah dengan membalik salah satu polaritas tegangan yang masuk ke motor. Motor akan berputar ke kanan (*forward*) jika terminal belitan motor menerima tegangan RST dengan R terhubung dengan U, S terhubung dengan V, dan T terhubung dengan W dan motor akan berputar ke arah sebaliknya (*reverse*) jika terminal *winding* motor menerima tegangan RST dengan R terhubung dengan U, S terhubung dengan W, dan T terhubung dengan V. Dengan kata lain tegangan RST dibalik menjadi RTS. Membalik dengan polaritas yang lain juga bisa, seperti R dengan S, atau R dengan T.

Untuk mengubah atau membalik polaritas tegangan RST itu biasanya digunakan rangkaian pengendali mekanik dan magnetik yaitu rangkaian kontaktor dan sebagai pengaman motor dipasang juga pelindung motor (*thermal overload*).

Pada gambar diatas terlihat bahwa jika MCB di on-kan maka arus mengalir masuk kedalam TOR (95-96) yang terhubung seri dengan kontak PB (NC), dari PB (NC) masuk kedalam PB (NO1) dimana keluarannya masuk ke NC K2 (21-22) kemudian terhubung seri dengan MC K1, kontaktor pun menarik kontak=kontaknya sehingga walaupun PB (NO1) dilepas maka motor tetap jalan Karena kontak bantu NO K1 (13-14) masih menyuplai arus ke MC K1. Sedangkan jika PB (NO2) ditekan maka tidak terjadi apa-apa, hal ini di sebabkan adanya interlock sehingga jika ingin mengoperasikan PB (NO2) maka PB (NC) harus ditekan dulu sehingga kontak-kontak dari K1

kembali normal. Setelah kembali normal maka tekan PB (NC2) maka mmotor akan berputar berlawanan arah. Untuk mematakannya maka cukup tekan PB (NC) lalu matikan mcb.

- *Pengoperasian Motor Induksi 3 Fasa Pada Dua Tempat Gambar 10*

[Figure 10 about here.]

Pada gambar diatas dapat dilihat bawhwa Pertama-tama tegangan listrik dialirkan melalui MCB 1 fasa san MCB 3 fasa, setelah itu arus melalui percabangan adapun arus melalui TOR (95-96) kemudian terus melalui PB NC 1 yang diserikan dengan PB NC2. Karena pada PB NO1 dan NO2 masih dalam keadaan terbuka maka arus masih berada pada PB NC2 saja dan secara otomatis motor belum dapat bekerja.

Untuk dapat mengoperasikan motor maka salah satu dari PB harus ditekan (NO1 atau NO2) sehingga arus dapat mengalir ke MC (*Magnetic Contactor*). Mengalirnya arus ke MC mengakibatkan terjadinya induksi magnet sehingga magnet dapat menarik kontak-kontak dari kontaktor itu sendiri, baik kontak utama maupun kontak bantu, bersamaan dengan itu kontak NO akan menutup dan NC membuka, sehingga motor bekerja. Setelah PB (NO1 atau NO2) dilepas maka motor tetap berjalan hal ini akibat adanya pengunci oleh NO 13-14 (kontak bantu).

Untuk menghentikan motor, maka salah satu PB harus ditekan (NC1 atau NC2), setelah ditekan maka arus akan terputus dan motor pun berhenti hal ini diakibatkan MC pada kontaktor sudah tak berpenguatan lagi. Jika terjadi beban lebih maka TOR akan membuka sehingga kontak NC (95-96) membuka menyebabkan arus pada rangkaian terputus, sedangkan jika terjadi hubung singkat maka MCB akan trip sehingga arus pada rangkaian secara menyeluruh terputus.

Keterangan simbol rangkaian:

- Rangkaian daya

1. F1 = MCB 7. K3 = Kontaktor NO
2. F2 = ELCB 8. F4 = Over Load
3. K1 = Kontaktor NO 9. N = Netral
4. K2 = Kontaktor NO 10. PE = Pentanahan
5. L = Line 11 = Motor

- Rangkaian kontrol

1. F = Over load 12. N = Netral
2. PE = Pentanahan 13. F2= MCB 1 fasa
3. F1 = MCB 3 fas S1 = Saklar 1
4. S2 = Saklar 2 S3 = Saklar 3
5. S4 = Saklar 4 K = Kontaktor
6. k4 = NC timer 1 = Lampu
7. L = Line

- *Komponen-Komponen Sistem Pengendali*

Jenis peralatan-peralatan atau komponen sistem pengendali sangat banyak. Untuk lebih jelasnya, di bawah ini akan dijelaskan beberapa jenis peralatan listrik yang digunakan dalam suatu instalasi listrik terkhusus pada instalasi pada panel box yang terpadat dalam bengkel listrik Teknik Konversi Energi. Adapun jenis peralatannya adalah:

**Miniature Circuit Breaker (MCB)**

MCB berfungsi untuk memutuskan suatu rangkaian apabila ada arus yang mengalir dalam rangkaian atau beban listrik yang melebihi kemampuan [6]. Pemutus tenaga ini terdiri dari 2 jenis yaitu untuk sistem 1 fasa dan sistem 3 fasa. Gambar 11

[Figure 11 about here.]

*Keterangan:*

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

**Cara Kerja MCB**

1. Thermis; Prinsip kerjanya berdasarkan pada pemuaian atau pemutusan dua jenis logam yang koefisien jenisnya berbeda. Kedua jenis logam tersebut dilas jadi satu keping (bimetal) dan dihubungkan dengan kawat arus. Jika arus yang melalui bimetal tersebut melebihi arus nominal yang diperkenankan maka bimetal tersebut akan melengkung dan memutuskan aliran listrik.
2. Magnetik; Prinsip kerjanya adalah memanfaatkan arus hubung singkat yang cukup besar untuk menarik sakelar mekanik dengan prinsip induksi elektromagnetis.

**Thermal Over Load Relay (TOLR)**

*Thermal Over Load Relay* (TOLR) adalah suatu pengaman beban lebih [6]. Proteksi beban lebih (arus lebih) dimaksudkan untuk melindungi motor dan perlengkapan kendali motor, terhadap pemanasan berlebihan sebagai akibat beban lebih atau sebagai akibat motor tidak dapat diasut. Gambar 12

[Figure 12 about here.]

TOLR pada prinsipnya terdiri dari 2 buah macam logam yang berbeda serta tingkat pemuaian juga berbeda pula. Kedua logam tersebut dilekatkan menjadi satu yang disebut bimetal. Apabila bimetal tersebut dipanasi maka akan membengkok karena perbedaan tingkat pemuaian kedua logamnya. Bimetal tersebut diletakan didekat sebuah elemen pemanas yang dilalui oleh arus menuju beban ujung yang satu dipasang tetap sedangkan yang lainnya dipasang bebas bergerak dan membengkok dan dapat membukakan kontak-kontaknya, dengan demikian rangkaian beban atau motor akan terputus.

**Kontaktor Magnetik (*Magnetic Contactor*)**

Kontaktor magnet adalah gawai elektromekanik yang dapat berfungsi sebagai penyambung dan pemutus rangkaian, yang dapat dikendalikan dari jarak jauh [6].

Menurut [7] bahwa piranti magnet kontaktor mengalami dua kondisi yaitu :

- Jika kumparan magnet dialiri arus AC maupun DC, maka akan timbul medan magnet disekitar penghantar yang berarus. Hal ini dapat menyebabkan tertariknya bilah-bilah kontaktor yang bergerak. Pada kondisi ini magnet kontaktor dalam kondisi bekerja.
- Jika arus sudah tidak mengalir ke kumparan pemagnet maka armatur dan bilah-bilah kontak gerak akan melepaskan diri karena terdorong oleh pegas-pegas penunjang. Pada kondisi ini magnet kontaktor dalam kondisi tidak bekerja. Gambar 13

[Figure 13 about here.]

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

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

Saklar tombol sering dinamakan tombol tekan (*push button*), ada dua macam yaitu tombol tekan *normally open* (NO) dan tombol tekan *normally close* (NC) [6]. Konstruksi tombol tekan ada beberapa jenis, yaitu jenis tunggal ON dan OFF dibuat secara terpisah dan ada juga yang dibuat satu tempat. Gambar 14

[Figure 14 about here.]

#### Penghantar Listrik

Kabel listrik adalah media untuk mengantarkan arus listrik ataupun informasi [6]. Bahan dari kabel ini beraneka ragam, khusus sebagai penghantar arus listrik, umumnya terbuat dari tembaga dan umumnya dilapisi dengan pelindung. Selain tembaga, ada juga kabel yang terbuat dari serat optik, yang disebut dengan *fiber optic cable*.

Berdasarkan konstruksinya, penghantar diklasifikasikan sebagai berikut [6]:

1. Penghantar pejal (solid); yaitu penghantar yang berbentuk kawat pejal yang berukuran sampai 10 mm<sup>2</sup>.
2. Penghantar berlilit (stranded); penghantarnya terdiri dari beberapa urat kawat yang berlilit dengan ukuran 1 mm<sup>2</sup> – 500 mm<sup>2</sup>.
- Penghantar serabut (fleksibel); banyak digunakan untuk tempat-tempat yang sulit dan sempit, alat-alat portabel, alat-alat ukur listrik dan pada kendaraan bermotor.

- Penghantar persegi (busbar); penampang penghantar ini berbentuk persegi empat yang biasanya digunakan pada PHB (Papan Hubung Bagi) sebagai rel-rel pembagi atau rel penghubung. Penghantar ini tidak berisolasi.

Jenis penghantar yang banyak digunakan ialah kabel NYA dan NYM. Ketentuan yang harus diperhatikan di dalam pemasangan kabel NYA sebagai berikut:

1. Untuk pemasangan tetap dalam jangkauan tangan, kabel NYA harus dilindungi dengan pipa instalasi
2. Diruang lembab, kabel NYA harus dipasang dalam pipa pvc untuk pemasangannya.
3. Kabel NYA tidak boleh dipasang langsung menempel pada plasteran atau kayu, tetapi harus dilindungi dengan pipa instalasi.
4. Kabel NYA boleh digunakan di dalam alat listrik, perlengkapan hubung bagi dan sebagainya.
5. Kabel NYA tidak boleh digunakan diruang basah, ruang terbuka, tempat kerja atau gudang dengan bahaya kebakaran atau ledakan. Gambar 15

[Figure 15 about here.]

Sedangkan ketentuan – ketentuan untuk pemasangan kabel NYM adalah sebagai berikut: Gambar 16

1. Kabel NYM boleh dipasang langsung menempel atau ditanam pada plasteran, diruang lembab atau basah dan ditempat kerja atau gudang dengan bahaya kebakaran atau ledakan.
2. Kabel NYM boleh langsung dipasang pada bagian – bagian lain dari bangunan, konstruksi, rangka dan sebagainya. Dengan syarat pemasangannya tidak merusak selubung ruang kabel.
3. Kabel NYM tidak boleh dipasang di dalam tanah.
4. Dalam hal penggunaan, kabel instalasi yang terselubung memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan instalasi di dalam pipa, yaitu:
  - Lebih mudah dibengkokkan
  - Lebih tahan terhadap pengaruh asam
  - Sambungan dengan alat pemakai dapat ditutup lebih rapat.

[Figure 16 about here.]

**Relay**

*Relay* adalah Saklar yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen *electromechanical* yang terdiri dari 2 bagian utama yakni elektromagnet dan mekanikal. *Relay* menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi.

a. Bentuk Relay b. Simbol Relay Gambar 17

[Figure 17 about here.]

Pada dasarnya, *Relay* terdiri dari 4 komponen dasar yaitu : Electromagnet (*Coil*) Armature *Switch Contact Point* (Saklar) Spring

Berikut ini merupakan gambar dari bagian-bagian *Relay* : Gambar 18

[Figure 18 about here.]

**Timer**

*Timer* merupakan alat penunda batas waktu yang banyak digunakan dalam instalasi motor terutama instalasi yang membutuhkan pengaturan waktu secara otomatis. Fungsi dari timer ini adalah sebagai pengatur waktu bagi peralatan yang dikendalikannya. Timer ini dimaksudkan untuk mengatur waktu waktu hidup atau mati dari kontaktor atau untuk merubah system bintang ke segitiga dalam delay waktu tertentu. Gambar 19

[Figure 19 about here.]

Fungsi tiap Nomor Terminal pada Timer delay Relay (TDR)

1. Berfungsi untuk Komen, atau bagian arus masuk yang akan terhubung pada Nomor 4 1
2. Berfungsi untuk sumber arus Koil, jika dalam kontaktor adalah A1
3. Berfungsi untuk kontak hubung NO dari terusan arus pada komen nomor 1
4. Berfungsi untuk kontak hubung NC dari terusan arus pada komen Nomor 1
5. Berfungsi untuk kontak hubung NC dari terusan arus pada komen nomor 8
6. Berfungsi untuk kontak hubung NO dari terusan arus pada komen nomor 8
7. Berfungsi untuk sumber arus pada koil, jika dalam kontaktor adalah A2

**METODE PENELITIAN**

*Metode Pengumpulan Data*

Metode pengumpulan data dilakukan sebagai berikut:

1. Metode Observasi, yaitu pengumpulan data dengan mengadakan pengamatan secara langsung pada saat pengujian berlangsung di laboratorium D-III Teknik Konversi Energi.
2. Studi Literature, yaitu mengumpulkan data dari buku-buku referensi, modul-modul yang relevan dengan objek permasalahan.

**Tahap Perencanaan**

Delam mengerjakan desain panel box, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu menyiapkan sketsa gambar alat yang akan dibuat, pemilihan material yang sesuai serta komponen-komponen yang di perlukan dalam pembuatan alat panel box ini.

*Proses Pengujian*

Peralatan alat ukur yang digunakan Avometer, Parameter yang digunakan Mengukur arus dan Mengukur tegangan.

- *Diagram Alir Rancang Bangun Rangkaian Daya Dan Rangkaian Kontrol Panel Box Pada Bengkel Listrik* Gambar 20

[Figure 20 about here.]

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

*Hasil Perancangan Box* Hasil Perancangan Box

Box yang digunakan terbuat dari tripleks yang dikombinasikan dengan besi siku sebagai penyangga agar box ini dapat berdiri kokoh, dudukan rangkain yang dipakai terbuat dari fiber

**Panel Box**

Panel box yang digunakan berukuran 109cm X 58cm , dengan panjang 109 cm dan lebar 58 cm. Gambar 21

[Figure 21 about here.]

**Dudukan Rangkaian**

Dudukan rangkaian terbuat dari fiber dengan panjang 55 cm X lebar 35 cm. Gambar 22

[Figure 22 about here.]

**Hasil Rangkaian**

Rangkaian yang digunakan terdiri dari : Rangkaian percobaan pengoperasian motor induksi 3 fasa starting Y-Δ secara otomatis. Gambar 23

[Figure 23 about here.]

Rangkaian percobaan membalik arah putaran motor 3 fasa. Gambar 24

[Figure 24 about here.]

Rangkaian percobaan pengoperasian motor 3 fasa dari dua tempat. Gambar 25

[Figure 25 about here.]

• Hasil Percobaan

[Table 1 about here.]

[Table 2 about here.]

[Table 3 about here.]

[Table 4 about here.]

• Pembahasan Prinsip Kerja

**Pengoperasian Motor Induksi 3 Fasa Starting Y-Δ Secara Otomatis**

Apabila MCB 3 fasa dan MCB 1 fasa di on-kan maka arus baru sampai di PB1 NO, sehingga jika PB1 ditekan maka K1 berpenguatan dan bekerja untuk menarik kontak-kontaknya. K1 masih bekerja walau PB1 dilepas Karena masih ada penguatan dari kontak K1 NO (13-14) yang menjadi NC. Selain K1 bekerja, arus juga mengalir ke K2 dan TDR melalui kontak bantu K1 (43-44), sehingga motor bekerja dalam keadaan bintang. Setelah beberapa saat kemudian, sesuai dengan waktu yang ditentukan TDR mengubah kontak-kontaknya, sehingga k2 tidak bekerja karena kontak NC dari TDR berubah menjadi NO, sebaliknya K3 yang bekerja Karena terhubung dengan NO pada TDR dan sekarang motor terhubung segitiga.

**Membalik Arah Putaran Motor 3 Fasa**

Jika MCB di on-kan maka arus mengalir masuk kedalam TOR (95-96) yang terhubung seri dengan kontak PB (NC), dari PB (NC) masuk kedalam PB (NO1) dimana keluarannya masuk ke NC K2 (21-22) kemudian terhubung seri dengan MC K1, kontaktor pun menarik kontak=kontaknya sehingga walaupun PB (NO1) dilepas maka motor tetap jalan Karena kontak bantu NO K1 (13-14) masih menyuplai arus ke MC K1. Sedangkan jika PB (NO2) ditekan maka tidak terjadi apa-apa, hal ini di sebabkan adanya interlock sehingga jika ingin mengoperasikan PB (NO2) maka PB (NC) harus ditekan dulu sehingga kontak-kontak dari K1 kembali normal. Setelah kembali normal maka tekan PB (NC2) maka

mmotor akan berputar berlawanan arah. Untuk mematakannya maka cukup tekan PB (NC) lalu matikan mcb.

**Pengoperasian Motor 3 Fasa Dari Dua Tempat**

Pertama-tama tegangan listrik dialirkan melalui MCB 1 fasa san MCB 3 fasa, setelah itu arus melalui percabangan adapun arus melalui TOR (95-96) kemudian terus melalui PB NC 1 yang diserikan dengan PB NC2. Karena pada PB NO1 dan NO2 masih dalam keadaan terbukamaka arus masih berada pada PB NC2 saja dan secara otomatis motor belum dapat bekerja. Untuk dapat mengoperasikan motor maka salah satu dari PB harus ditekan (NO1 atau NO1) sehingga arus dapat mengalir ke MC (*Magnetic Contactor*). Mengalirnya arus ke MC mengakibatkan terjadinya induksi magnet sehingga magnet dapat menarik kontak-kontak dari kontaktor itu sendiri, baik kontak utama maupun kontak bantu, bersamaan dengan itu kontak NO akan menutup dan NC membuka, sehingga motor bekerja. Setelah PB (NO1 atau NO2) dilepas maka motor tetap berjalan hal ini akibat adanya pengunci oleh NO 13-14 (kontak bantu).

Untuk menghentikan motor, maka salah satu PB harus ditekan (NC1 atau NC2), setelah ditekan maka arus akan terputus dan motor pun berhenti hal ini diakibatkan MC pada kontaktor sudah tak berpenguatan lagi. Jika terjadi beban lebih maka TOR akan membuka sehingga nkontak NC (95-96) membuka menyebabkan arus pada rangkaian terputus, sedangkan jika terjadi hubung singkat maka MCB akan trip sehingga arus pada rangkaian secara menyeluruh terputus.

**KESIMPULAN**

1. Berdasarkan dari hasil pembuatan dan pengujian alat maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:
2. Pengoperasian panel box ini dapat dilakukan secara manual atau otomatis.
3. Pengoperasian motor induksi 3 fasa hubung star Y-Δ secara otomatis dimanfaatkan untuk menurunkan arus star motor.
4. Untuk pengoperasian motor induksi 3 fasa dengan dua arah putaran dapat di aplikasikan pada pintu otomatis, tangga escalator, tangga lift, dll.
5. Pada pengoperasian motor induksi 3 fasa dari dua tempat, dapat di aplikasikan pada kawasan industri yang luas sehingga untuk mengoperasiannya dapat lebih mudah.

**DAFTAR PUSTAKA**

[1] Y. D. Rijono, *Dasar Teknik Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Andi, 1997.  
 [2] R. Arindya & P. dan, *Pengaturan Motor Listrik. Edisi Pertama*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2013.

- [3] M. Marhatang, M. Y. Yunus, A. Pangkung, & M. R. Djalal, ““RANCANG BANGUN PEMANTAUAN PEMAKAIAN ENERGI LISTRIK MENGGUNAKAN SIMULINK,” in Seminar Nasional Hasil Penelitian,” 2018.
- [4] M. Y. Yunus, M. Marhatang, A. Pangkung, & M. R. Djalal, ““RANCANG BANGUN SMART METER BERBASIS NILM UNTUK MEMANTAU PEMAKAIAN ENERGI LISTRIK PADA SEKTOR RUMAH TANGGA MENGGUNAKAN NEURAL NETWORK,” in Seminar Nasional Hasil Penelitian,” 2018.
- [5] D. Zuhal, *Tenaga Listrik*. Bandung: ITB, 1991.
- [6] D. Laras, *Instalasi Listrik. Universitas Negeri*. Yogyakarta: Yogyakarta, 2015.
- [7] M. Subardjono, “Engineering. Jakarta PT Bumi Perkasa,” 1990.

Conflict of Interest Statement: The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Copyright © 2019 Author [s]. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Received: 23-03-2019  
Accepted: 30-04-2019  
Published: 03-04-2019

## LIST OF TABLES

I	Hasil Percobaan Tabel I	10
II	Hasil Pengujian Pengoperasian Motor Induksi 3 Fasa Star Y- $\Delta$ Otomatis Tabel II	11
III	Hasil Pengujian Membalik Arah Putaran Motor Induksi 3 Fasa Tabel III	12
IV	Hasil Pengujian Pengoperasian Motor Induksi 3 Fasa Dari Dua Tempat Tabel IV	13

TABEL I.. HASIL PERCOBAAN TABEL I

Nama Percobaan	Hasil Percobaan				Lampu					Motor
	Push Button		Hijau		1	2	3	4	5	
Star Y-Δ Otomatis	Merah		Hijau		ON	ON	-	-	ON	ON
	-		ON Y		-	-	-	-	-	-
	-		Timer ON		-	-	-	-	-	-
	-		ON Δ		-	ON	ON	-	ON	ON
	ON		-		-	-	-	-	-	OFF
Membalik Arah Putaran	Kanan		Kiri							
	Merah	Hijau	Merah	Hijau	ON	-	ON	-	-	Putar Kiri
			ON 2	ON 4	-	-	ON	-	-	Berhenti
		ON 3			-	ON	ON	-	-	Putar Kanan
	ON 1				-	-	Menyala	-	-	Berhenti
Dua Tempat	Merah		Hijau							
			ON 3		ON	ON	ON	-	-	OFF
	ON 1				-	ON	ON	-	-	OFF
			ON 4		ON	ON	ON	-	-	OFF
		ON 2		-	ON	ON	-	-	OFF	

TABEL II.. HASIL PENGUJIAN PENGOPERASIAN MOTOR INDUKSI 3 FASA STAR Y- $\Delta$  OTOMATIS TABEL II

No.	Pengoperasian Motor Induksi 3 Fasa Star Y- $\Delta$ Otomatis			
	Star Y		Star $\Delta$	
	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)
1	1.08	230	1.87	230

TABEL III.. HASIL PENGUJIAN MEMBALIK ARAH PUTARAN MOTOR INDUKSI 3 FASA TABEL III

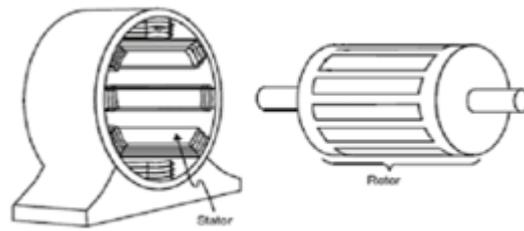
No.	Membalik Arah Putaran Motor Induksi 3 Fasa	
	Arus (A)	Tegangan (V)
1	0.34	398

TABEL IV.. HASIL PENGUJIAN PENGOPERASIAN MOTOR INDUKSI 3 FASA DARI DUA TEMPAT TABEL IV

No.	Pengoperasian Motor Induksi 3 Fasa Dari Dua Tempat	
	Arus (A)	Tegangan (V)
1	0.31	398

LIST OF FIGURES

1	Komponen Stator dan Rotor	15
2	Stator	16
3	Rotor	17
4	ggl	18
5	slip (s)	19
6	Hubungan star	20
7	Hubungan delta	21
8	Rangkaian starting Y- $\Delta$	22
9	membalik arah putaran	23
10	gambar rangkaian pengoperasian motor induksi pada dua tempat	24
11	<i>Miniature Circuit Breaker (MCB)</i>	25
12	Kontak-kontak <i>Thermal Over Relay</i>	26
13	Kontaktor Magnet	27
14	Konstruksi saklar tombol ( <i>Push Button</i> )	28
15	Kabel NYA	29
16	Kabel NYM	30
17	Relay	31
18	Struktur relay	32
19	Timer	33
20	Diagram alir prosedur perancangan	34
21	gambar box tampak depan	35
22	gambar dudukan rangkaian	36
23	Rangkaian star Y- $\Delta$	37
24	Membalik arah putaran motor 3 fasa	38
25	Pengoperasian motor 3 fasa dari dua tempat	39



Gambar 1. Komponen Stator dan Rotor



Gambar 2. Stator



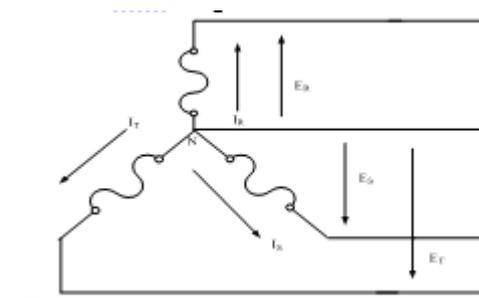
Gambar 3. Rotor

$$E_2 = 4,44 \cdot f_2 \cdot N_2 \cdot m \dots \dots \dots (1)$$

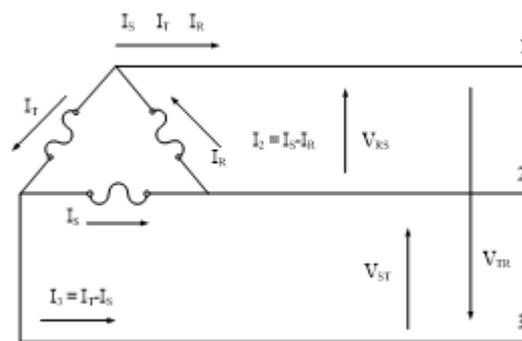
Gambar 4. ggl

$$S = \frac{n_g - n_r}{n_g} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

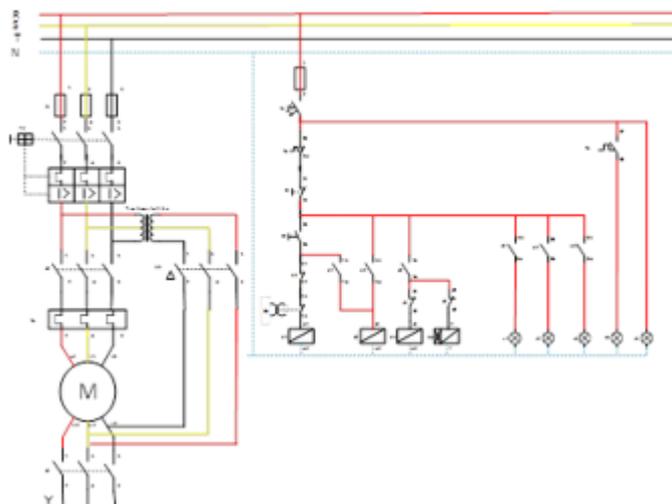
Gambar 5. slip (s)



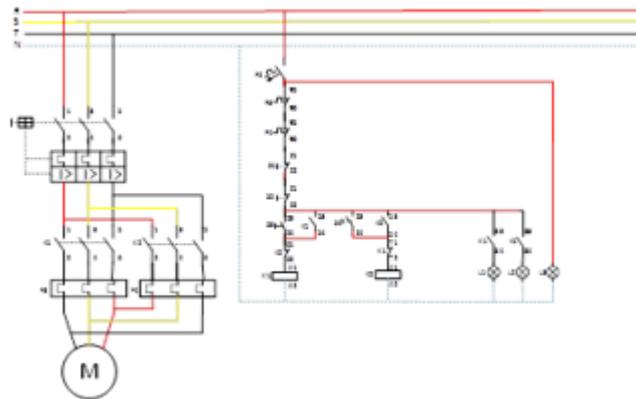
Gambar 6. Hubungan star



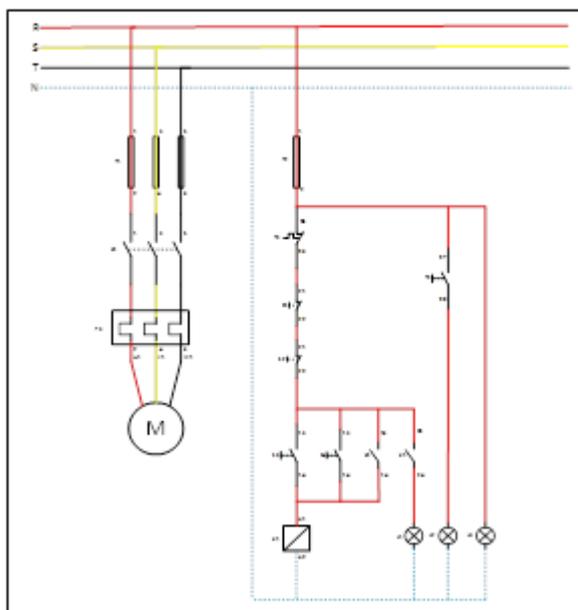
Gambar 7. Hubungan delta



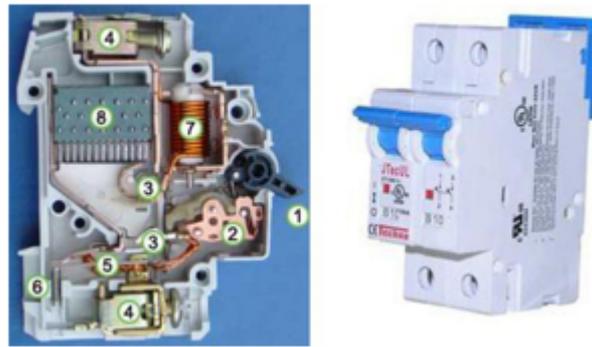
Gambar 8. Rangkaian starting Y-Δ



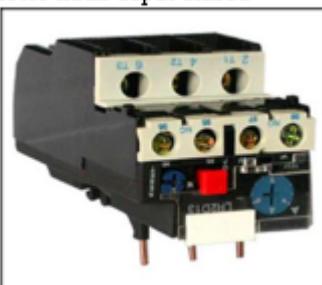
Gambar 9. membalik arah putaran



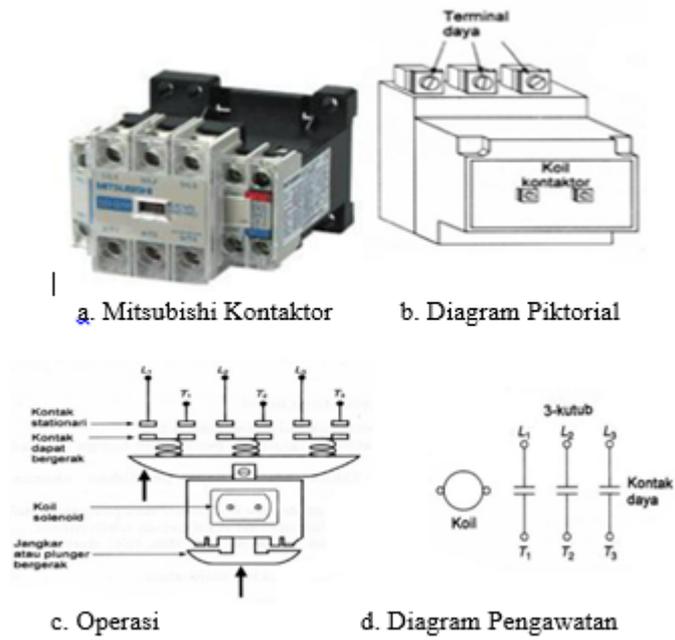
Gambar 10. gambar rangkaian pengoperasian motor induksi pada dua tempat



Gambar 11. *Miniature Circuit Breaker* (MCB)



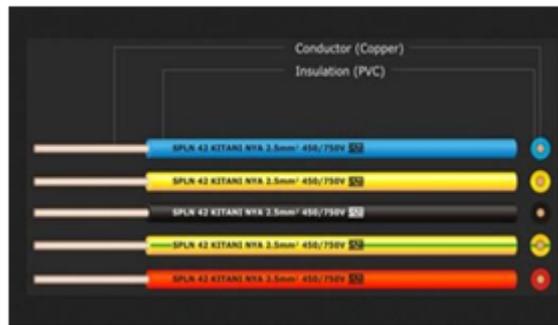
Gambar 12. Kontak-kontak *Thermal Over Relay*



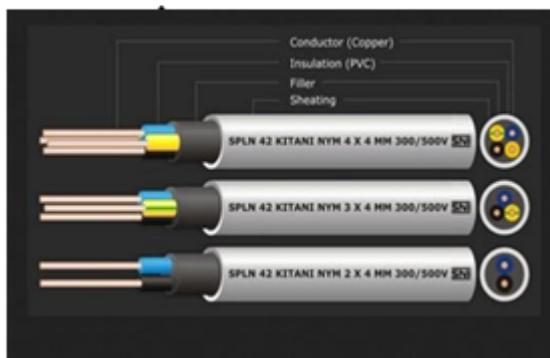
Gambar 13. Kontaktor Magnet



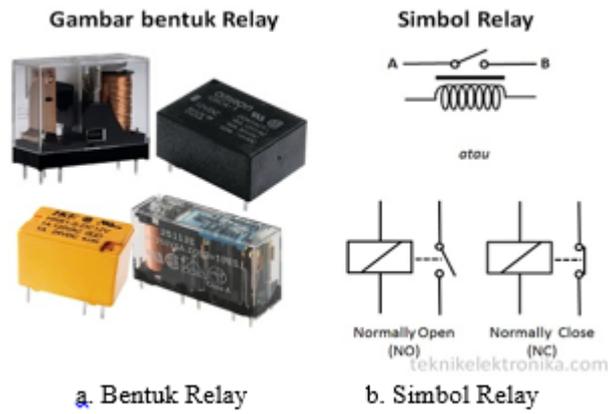
Gambar 14. Konstruksi saklar tombol (*Push Button*)



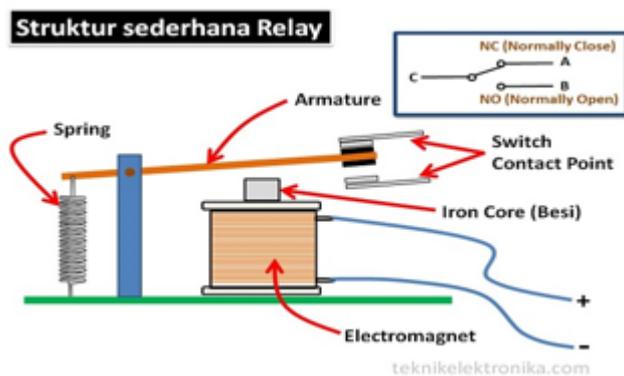
Gambar 15. Kabel NYA



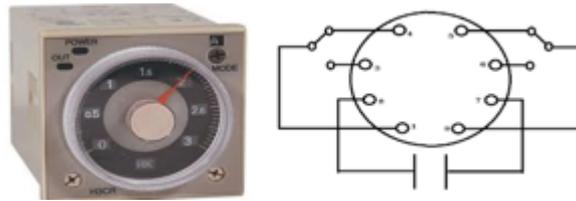
Gambar 16. Kabel NYM



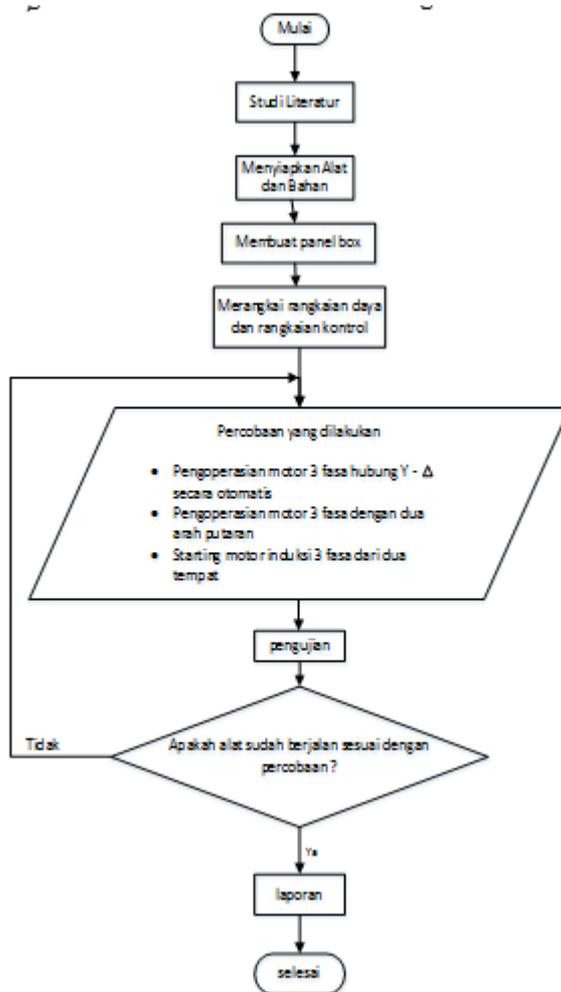
Gambar 17. Relay



Gambar 18. Struktur relay



Gambar 19. Timer



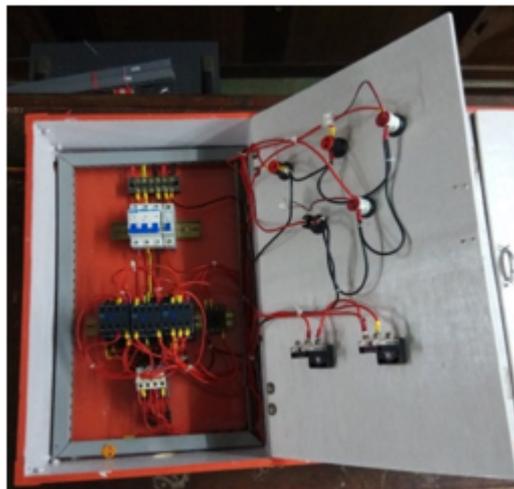
Gambar 20. Diagram alir prosedur perancangan



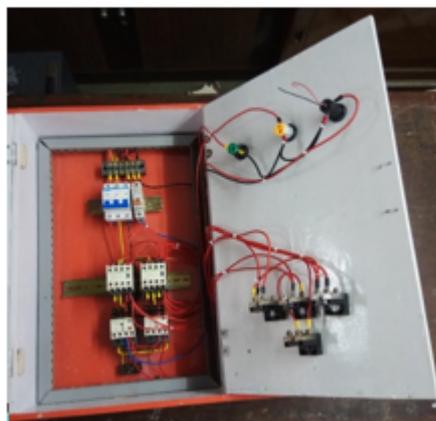
Gambar 21. gambar box tampak depan



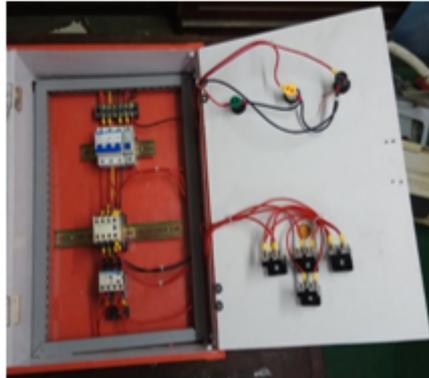
Gambar 22. gambar dudukan rangkaian



Gambar 23. Rangkaian star Y- $\Delta$



Gambar 24. Membalik arah putaran motor 3 fasa



Gambar 25. Pengoperasian motor 3 fasa dari dua tempat