

PEMBUATAN TRAINER INSTALASI MOTOR 3 PHASE

Jefri Sando Mala Putra¹, Prabakti Endramawan², Agus Hariwibowo³

¹ Prodi Pendidikan Teknik Elektro, FPTK, IKIP PGRI Madiun
Madiun, 63118, Indonesia

² Prodi Pendidikan Teknik Elektro, FPTK, IKIP PGRI Madiun
Madiun, 63118, Indonesia

³ Prodi Pendidikan Teknik Elektro, FPTK, IKIP PGRI Madiun
Madiun, 63118, Indonesia

Email: jefrisandomppte@gmail.com

ABSTRAK

Alat praktikum ini merupakan sarana untuk mempraktikkan suatu percobaan dalam mata kuliah praktikum terutama tentang pengontrolan motor, dan pengendali motor. Peneliti melakukan penelitian ini bertujuan untuk mempermudah mahasiswa dalam memahami suatu rangkaian untuk menjalankan motor 3 phase. Motor induksi tiga fasa merupakan alat utama yang menggunakan energi listrik untuk menggerakkan mesin-mesin listrik. Dan motor ini merupakan motor listrik arus bolak-balik yang paling banyak digunakan dalam dunia industri. Hubungan star pada motor diperlukan untuk meminimalisir arus. Setelah arus turun dipindah ke hubungan delta untuk mendapat tegangan penuh. Kesimpulan dari tugas akhir ini adalah setelah dirancang dan di uji coba, maka alat praktikum pengendali motor 3 phase ini dapat digunakan untuk selain rangkaian/hubungan star delta saja melainkan bisa digunakan untuk rangkaian yang lain. Saran dari penulis adalah alat praktikum ini sebaiknya digunakan sebagai media pembelajaran untuk mata kuliah praktik instalasi instalasi motor 3 phase. Dan bagi peneliti lain apabila ingin mengembangkan alat ini dapat melakukan metode lain baik perancangan bentuk maupun perakitanya guna menghasilkan alat praktikum yang lebih baik

Kata Kunci: Pengontrolan, Pengendali, Motor Induksi, Star Delta.

Pendahuluan

Dalam perkuliahan tidak hanya kuliah dalam bentuk teori tetapi juga kuliah dalam bentuk praktikum. Terutama kuliah di fakultas teknik seperti teknik elektro ini, Banyak sekali mata kuliah praktikum. Banyak alat praktikum yang terdapat di laboratorium listrik untuk digunakan dalam mata kuliah praktikum. Di laboratorium listrik juga terdapat alat praktikum yang sudah tidak dapat digunakan lagi. Dan dengan adanya penelitian ini dapat menambah alat untuk praktikum di laboratorium listrik.

Oleh karena itu berdasarkan hal tersebut penelitian ini bertujuan membuat Alat praktikum instalasi motor 3 fasa. Alat ini sangat mudah digunakan untuk praktikum instalasi motor 3 fasa. Pada penelitian ini dibahas dan dipelajari perancangan untuk membuat alat praktikum pengendali motor tiga fasa untuk hubungan star delta dan alat praktikum pengendali motor tiga fasa untuk hubungan pengendali lainnya. Alat praktikum tersebut dapat digunakan untuk

praktikum-praktikum mata kuliah di laboratorium mesin listrik.

Alat praktikum ini bermanfaat untuk mahasiswa dalam pembelajaran mata kuliah praktik instalasi motor tiga fasa untuk hubungan star delta dan instalasi motor tiga fasa lainnya. Selain bermanfaat untuk mahasiswa alat praktikum ini juga bermanfaat untuk dosen dalam mengajar mata kuliah praktik instalasi motor tersebut. Dari latar belakang masalah di atas maka dapat diambil identifikasi masalah sebagai berikut:

1. Kurangnya alat praktikum di laboratorium listrik.
2. Menambah alat praktikum di laboratorium listrik

Tujuan dilakukan penelitian dan pembuatan alat ini adalah untuk:

1. Untuk mempermudah pembelajaran mata kuliah praktik instalasi motor 3 phase.
2. Menjelaskan cara mengoperasikan media praktikum trainer instalasi motor 3 fasa.

Kegunaan penelitian ini ialah kepada:

1. Peneliti
Sebagai nilai tambah pengetahuan dan dapat mengembangkan kemampuannya terutama dalam bidang kelistrikan yaitu instalasi motor 3 fasa.
2. Peserta Didik
 - a. Peserta didik dapat melaksanakan praktikum instalasi motor 3 fasa dengan mudah
 - b. Mengerti apa fungsi komponen elektromagnetik
 - c. Dapat menyelesaikan job sheet

Motor induksi adalah suatu mesin listrik yang merubah energi listrik menjadi gerak dengan menggunakan gandengan medan listrik dan mempunyai slip antara medan stator dan medan rotor. Pada motor induksi arus rotor diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar yang dihasilkan oleh stator.

Pada motor induksi tidak terdapat kumparan medan sehingga pembangkit fluks hanya diperoleh dari daya masuk stator. Daya masuk untuk pembangkit fluks merupakan daya induktif sehingga motor induksi bekerja pada faktor kerja terbelakang.

Bagian motor induksi terdiri dari stator dan rotor, dipisahkan dengan bagian stator oleh celah udara yang sempit (*air gap*) dengan jarak antara 0,4 mm sampai 4 mm. Stator adalah bagian dari mesin yang tidak berputar dan terletak pada bagian luar. Dibuat dari besi bundar berlaminasi dan mempunyai alur-alur sampai tempat meletakkan kumparan.

Rotor merupakan bagian yang berputar. Berdasarkan kumparannya, rotor dibagi menjadi rotor sangkar (*squirrel-cage rotor*) dan rotor kumparan (*wound rotor*). Perbedaan mendasar dari rotor sangkar dengan rotor kumparan adalah terdapat pada konstruksi rotor.

Rotor sangkar mempunyai karakteristik:

- a. Tahanan rotor tetap
- b. Arus *starting* tinggi
- c. Torsi *starting* rendah

Rotor kumparan mempunyai karakteristik:

- a. Memungkinkan tahanan luar dihubungkan ke tahanan rotor melalui *slip ring* yang terhubung ke sikat.
- b. Arus *starting* rendah
- c. Torsi *starting* tinggi
- d. Power faktor baik

Rotor sangkar adalah bagian dari mesin yang berputar bebas dan letaknya bagian dalam. Terbuat dari besi laminasi yang mempunyai slot dengan batang aluminium/tembaga yang dihubungkan singkat pada ujungnya.

Rotor kumparan merupakan kumparan yang dihubungkan bintang dibagian dalam dan ujung yang lain dihubungkan dengan cincin geser (*slip ring*) ke tahanan luar. Kumparan dapat dikembangkan menjadi pengaturan. Untuk kecepatan putaran motor, pada kerja normal cincin geser hubung singkat secara otomatis, sehingga rotor bekerja seperti rotor sangkar.

Motor induksi tiga fasa dengan daya besar tidak dapat dijalankan dengan cara dihubungkan langsung ke penyulang (sumber jala-jala). Hal ini disebabkan karena akan menyerap arus yang sangat besar yaitu 6 -8 kali arus nominalnya. Hal ini disebabkan karena pada saat *start* besarnya slip pada motor induksi adalah sama dengan 1 (satu), sehingga disaat $slip = 1$ (satu), tahanan rotor kecil.

Arus menjadi besar dan akan merusak motor itu sendiri atau terganggunya sistem instalasi tegangan akan turun. Di mana tegangan jatuh ini mengganggu kerja dari relai, kontaktor, nyala lampu, maupun peralatan elektronik dan komputer yang ada disekitarnya.

Tahapan mengoperasikan motor pada dasarnya dibagi menjadi 3 tahap, yaitu:

1. Mulai jalan (*starting*)

Untuk motor yang dayanya kurang dari 4 KW, pengoperasian motor dapat disambung secara langsung (*direct on line*). Sedangkan untuk daya yang besar pengasutannya dengan pengendali awal motor (*motor starter*) yang bertujuan untuk meredam arus awal yang besarnya 5 sampai 7 kali arus nominal.

2. Berputar (*running*)

Beberapa saat setelah motor mulai jalan, arus yang mengalir secara bertahap segera menurun ke posisi arus nominal. Selanjutnya motor dapat dikendalikan sesuai kebutuhan, misalnya dengan pengaturan kecepatan, pembalikan arah perputaran, dan sebagainya.

3. Berhenti (*stopping*)

Tahap ini merupakan tahap akhir dari pengoperasian motor dengan cara memutuskan aliran arus listrik dari sumber tenaga listrik, yang prosesnya bisa dikendalikan sedemikian rupa (misalnya dengan pengaman / *break*), sehingga motor dapat berhenti sesuai kebutuhan.

Jenis kendali motor ada 3 macam, yaitu:

1. Kendali Manual

Instalasi listrik tenaga pada awalnya menggunakan kendali motor konvensional secara manual. Untuk menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik digunakan saklar manual mekanis, diantaranya adalah saklar togel (*toggle switch*). Saklar ini merupakan tipe saklar yang sangat sederhana yang banyak digunakan pada motor-motor berdaya kecil. Operator yang mengoperasikannya harus mengeluarkan tenaga otot yang kuat.

2. Kendali Semi Otomatis

Pada kendali semi otomatis, kerja operator sedikit ringan (tidak mengeluarkan tenaga besar), cukup dengan jari menekan tombol tekan *start* awal menggerakkan motor dan menekan tombol *stop* saat menghentikan putaran motor. Untuk menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik menggunakan konduktor magnet, yang bisa dilengkapi rele pengaman arus lebih (*Thermal Overload Relay*) sebagai pengaman motor.

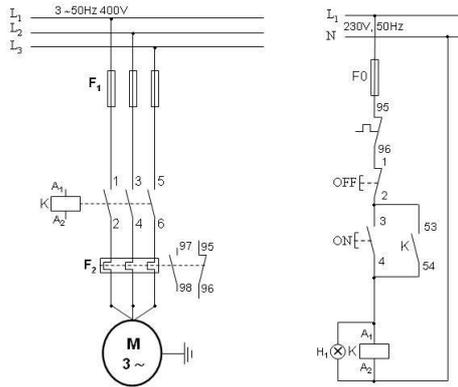
3. Kendali Otomatis

Dengan kendali otomatis, kerja operator semakin ringan, yaitu cukup memonitor kerja dari sistem, sehingga dapat menghemat energi fisiknya. Deskripsi kerja dari sistem kendali otomatis dibuat dengan suatu program dalam bentuk rangkaian

konduktor magnet yang dikendalikan oleh sensorsensor, sehingga motor dapat bekerja maupun berhenti otomatis.

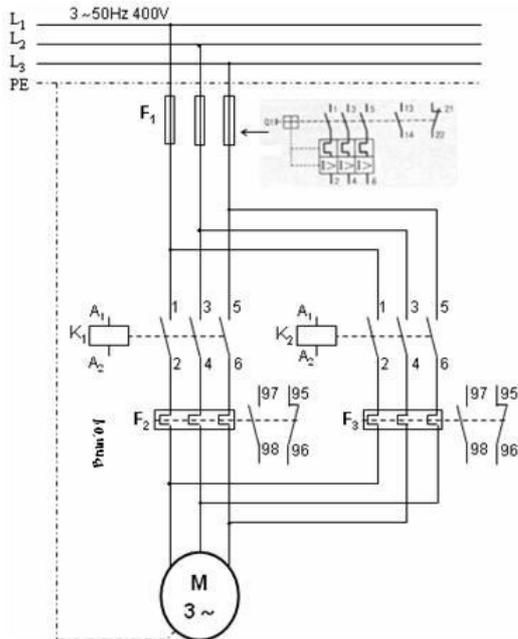
Sistem Pengontrolan Motor Induksi 3 fasa

1. Pengontrolan motor dengan DOL (*direct on line*) Perhatikan rangkaian gambar 2.16, (rangkaiannya pengontrol motor asut langsung DOL). Apabila tersedia tegangan untuk rangkaian daya dan rangkaian kontrol, tekan tombol ON, kontaktor K akan bekerja, lampu H1 akan menyala dan motor akan bekerja. Setelah tekanan ke tombol ON dilepas, tombol ON kembali keposisi NO, rangkaian kontrol tetap bekerja, karena fungsi Tombol ON diambil alih oleh kontak NO nomor 53 –54 kontaktor K (saklar pengunci). Apabila arus ke motor naik melampaui arus penyetelan TOL F2, maka TOL F2 akan bekerja yang mengubah posisi kontak-kontak relainya. Kontak relai TOL F2 nomor 95 –96 berubah posisi dari NC ke posisi terbuka. Akibatnya hubungan rangkaian kontrol sumber tegangan terputus dan sistem pengontrolan motor berhenti beroperasi. Apabila hal ini terjadi, periksa dan analisa gangguan yang mungkin terjadi terhadap sistem operasi motor. Untuk mengembalikan sistem kontrol ke posisi semula adalah dengan menekan *RESET* agar kontak relai nomor 95 – 96 kembali ke posisi semula (NC). Untuk menghentikan motor adalah dengan menekan tombol *OFF*.



a) Diagram Daya b) Diagram Kontrol
Gambar 1. Rangkaian pengontrol motor
DOL (*direct on line*)

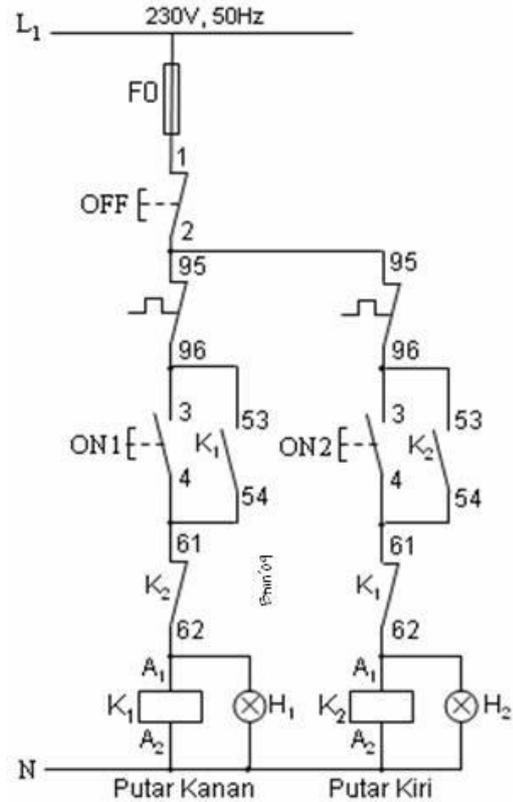
(Sumber: BSE Instalasi Motor Listrk. 2014)
2. Pengontrolan motor dengan dua arah
putar



Gambar 2. Diagram Daya Motor Dua Arah
Putar
(Sumber: BSE Instalasi Motor Listrk. 2014)

Dengan membalik polaritas tegangan input ke stator motor induksi 3 fasa maka medan putar yang dihasilkannya juga berubah arah. Karena putaran rotor searah dengan medan putar stator, oleh sebab itu dengan mengubah polaritas tegangan input maka putaran rotor juga berubah arah.

Pada Gambar 1.a., (diagram daya) dan Gambar 1.b., (diagram kontrol) diperlihatkan suatu pengontrolan motor tiga fasa dengan dua arah putaran (*reverse-forward*).



Gambar 3. Diagram Kontrol Motor Dua
Arah Putar
(Sumber: BSE Instalasi Motor Listrk. 2014)

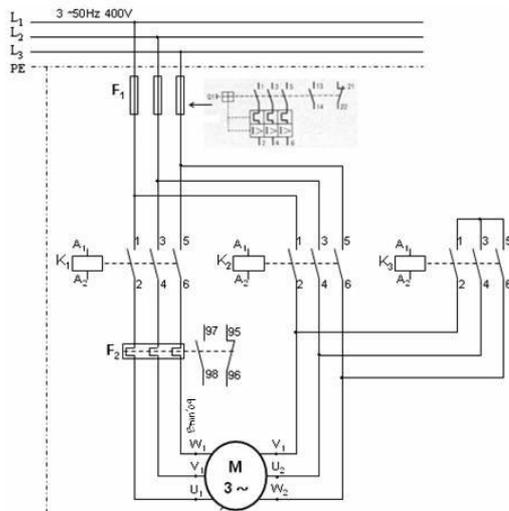
Dengan menekan tombol ON1 di tekan dari gambar 3, akibatnya kontaktor K1 bekerja dan lampu H1 menyala maka motor berputar searah jarum jam. Kemudian tombol ON2 ditekan, kontaktor K2 tidak bekerja karena kontak 61- 62 kontaktor K1 posisi terbuka. Untuk merubah arah putaran motor ke arah yang berlawanan dengan jarum jam, sistem harus distop terlebih dahulu dengan menekan tombol OFF. Kemudian tekan tombol ON2, motor akan berputar berlawanan dengan arah jarum jam.

Demikian sebaliknya kontaktor K1 tidak dapat bekerja walau tombol ON1 ditekan. Untuk keandalan proteksi motor dari gambar 12, dilengkapi dengan dua buah TOL, yaitu F2 dan F3. Batas arus penyetulan antara F2. dan F3 harus sama,

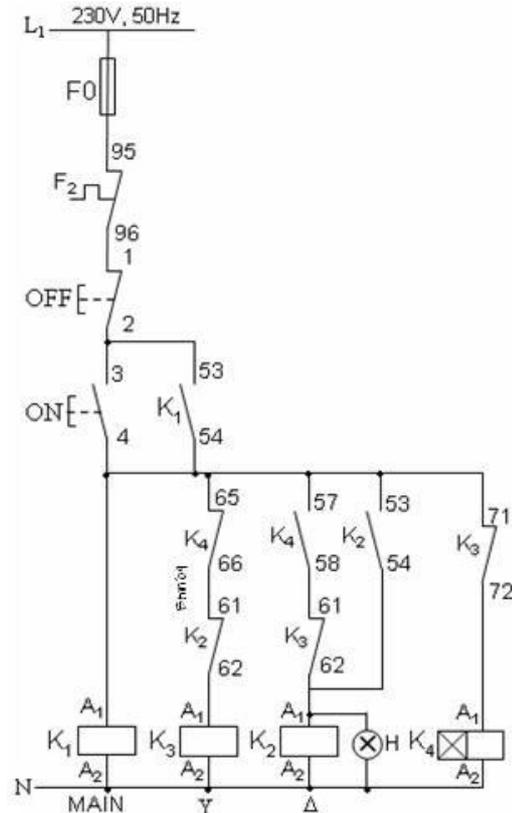
bila sifat dan besar pembebanan motor berbeda arah putaran tetap sama.

3. Pengontrolan motor dengan pengasut Y- Δ

Dari bahasan Kegiatan Belajar 1 poin 2 diatas, adalah pengasutan Y- Δ bertujuan untuk menurunkan arus starting sebesar 33,33% dari arus start DOL motor. Pada gambar 2.19 dan 2.20, memperlihatkan pengontrolan motor dengan pengasut Y- Δ secara otomatis.



Gambar 4. Diagram Daya Motor Y- Δ
(Sumber: BSE Instalasi Motor Listrik. 2014)



Gambar 5. Diagram Kontrol Motor Y- Δ
(Sumber: BSE Instalasi Motor Listrik. 2014)

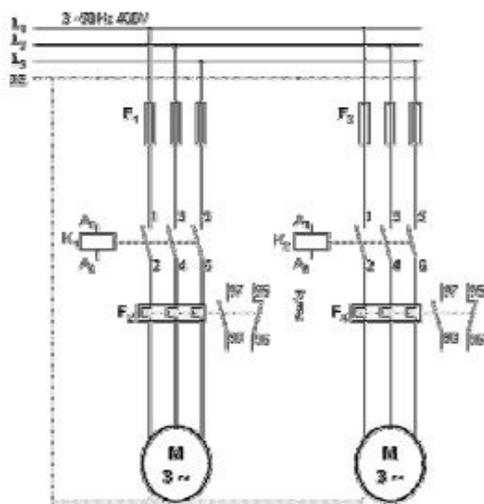
Kinerja Rangkaian: Apabila tombol ON dari Gambar 5. ditekan, motor akan bekerja pada sambung Y, ditandai dengan tegangan terminal motor= tegangan fasa jaringan. Setelah ± 8 detik (sesuai dengan penyetelan waktu time delay K4 dari Gambar 5. secara otomatis bekerja pada sambung Δ , ditandai dengan lampu H menyala. Catat arus starting pada awal pengasutan dan ukur tegangan fasa motor saat tersambung dan Y tersambung Δ .

4. Pengontrolan Motor Berurutan

Dalam mengontrol operasi motor berurutan ada dua buah motor atau lebih yang diterapkan. Cara mengoperasikan beberapa motor harus dilaksanakan berurutan satu sama lain dari motor-motor tersebut. Diterapkan umumnya pada konveyor pembawa material produksi. Dimana proses urutan starting motor adalah dimulai dari hilir ke hulu, dan sebaliknya proses stop dimulai dari hulu ke hilir. Diagram daya dan diagram kontrol dari

motor beroperasi berurutan dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7.

Kinerja rangkaian : Pada gambar 6, ada dua buah motor 1 dan motor 2. Pada star awal harus dimulai dari motor 1 (motor 2 tidak bisa distar sebelum motor 1 beroperasi) dengan menekan tombol ON1 dari Gambar 27. Setelah motor 1 bekerja, motor 2 dapat beroperasi dengan menekan tombol ON2. Untuk menghentikan motor beroperasi, harus dimulai dengan menstop motor 2 terlebih dahulu dengan menekan tombol OFF2 dari gambar 7, selanjutnya menstop motor 1 beroperasi.



Gambar 6. Diagram Daya Motor Berurutan
Sumber: BSE Instalasi Motor Listrk. 2014)

Metode

Desain penelitian ini adalah Kualitatif. Dengan pendekatan pembuatan alat sebagai bahan uji dan untuk jenis penelitiannya dengan cara pengujian alat yang dilaksanakan di laboratorium listrik Pendidikan Teknik Elektro IKIP PGRI Madiun.

Pengumpulan data dilakukan melalui pengamatan langsung pada alat yang di uji dengan metode sebagai berikut:

1. Metode pengamatan
Pengamatan pada komponen-komponen trainer apakah bekerja dengan baik.
2. Metode Pengujian
Pengujian menggunakan listrik 1 fasa.

Sedangkan dalam penelitian ini sumber data diperoleh dari pembuatan alat, pengamatan dengan uji coba dan analisa sesuai dengan permasalahan yang terjadi dan membandingkan dengan buku-buku maupun dengan modulmodul.

Dalam pembahasan ini, teknik pengumpulan data yang digunakan untuk melaksanakan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Metode Kepustakaan

Kegiatan yang dilakukan adalah mengumpulkan data-data dari perpustakaan maupun dari internet, dimana teori-teori dari buku yang berhubungan dengan Perancangan dan Pembuatan trainer instalasi motor 3 fasa.

2. Metode Observasi

Metode observasi adalah metode pengambilan data yang dilakukan melalui penelitian atau pengujian untuk memperoleh data-data yang diperlukan.

Keabsahan data dalam suatu tindakan penelitian diharapkan untuk memperoleh ketepatan data dan hasil dari kegiatan penelitian yang valid karena sudah terlaksana, dalam hal ini pembuatan trainer instalasi motor 3 phase. Teknik keabsahan data diambil peneliti berdasarkan hasil pengamatan, pengetesan, evaluasi dan penilaian sumber data sekaligus alat praktikum trainer instalasi motor 3 fasa.

Dari penelitian ini diperoleh data-data dan analisis dengan cara deskriptif. Analisis deskriptif bertujuan untuk memperoleh data-data yang akurat dan sistematis mengenai fakta-fakta yang ada. Dengan dibuatnya Alat praktikum trainer instalasi motor 3 fasa secara langsung akan menambah ilmu pengetahuan dan wawasan tentang merakit serta cara kerja praktikum instalasi motor 3 phase.

Hasil Penelitian dan Pembahasan

Dalam penelitian ini ada beberapa temuan yaitu:

1. Pada pengeboran *acrylic* disarankan menggunakan bor duduk atau menggunakan bor manual jangan menggunakan bor tangan. Sebab menggunakan bor tangan bisa terjadi pecah pada saat mengebor.

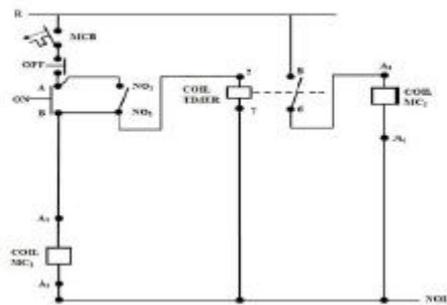
2. Pada saat penyolderan kabel pada konektor banana disarankan menggunakan solder yang mempunyai daya yang besar agar panas yang dihasilkan bisa merekatkan kabel pada konektor. Sebab kalau solder tidak panas maka hasil tidak akan maksimal atau akan gampang copot solderan tersebut.
3. Setelah penyolderan gunakan isolasi bakar, dan gunakan kabel tis untuk merapikan kabel agar kabel dan solderan tersebut terlihat rapi.

Trainer instalasi motor 3 phase ini dibuat untuk mempermudah mahasiswa memahami suatu rangkaian untuk menjalankan motor listrik 3 phase. Komponen yang sudah disusun di atas papan kerja mulai dari MCB, Kontaktor Magnet, Timer, dan Push Button yang mana disetiap port komponen itu sudah di pasang stacker buss yang bertujuan sebagai penghubung antara komponen satu dengan komponen yang lainnya yang dipasang di papan kerja dengan cara menjamper dari port komponen satu ke port komponen lainnya berdasarkan gambar rangkaian kerja.

Prinsip kerja dan pengoperasian alat adalah sebagai berikut:

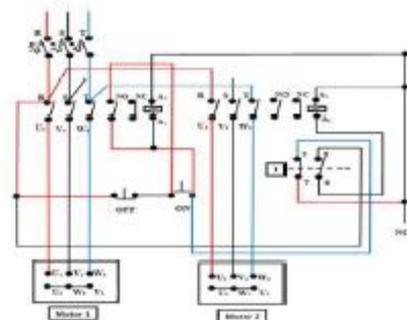
1. Rangkaian motor hubungan berurutan

Dalam hubungan motor berurutan digunakan dua buah motor atau bahkan bisa lebih. Dalam tugas akhir ini penulis hanya menggunakan dua buah motor tiga fasa yang bekerja secara berurutan. Artinya motor 1 bekerja terlebih dahulu kemudian setelah beberapa saat *timer* yang sudah di *setting* sesuai kebutuhan *energized* kemudian motor 2 akan bekerja. Cara mengetahui rangkaian kontrolnya dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Rangkaian kontrol berurutan otomatis.

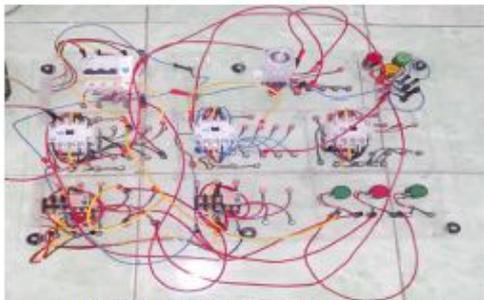
Sedangkan rangkaian secara keseluruhan pada Gambar 8.



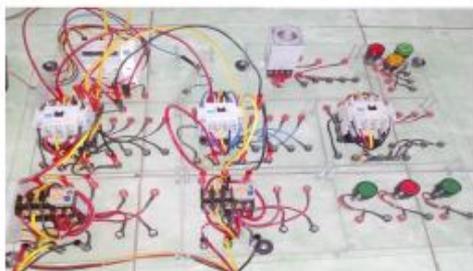
Gambar 8. Rangkaian kontrol dan Daya secara keseluruhan

Rangkaian motor pada Gambar 8 adalah untuk menjalankan motor hubungan berurutan secara otomatis. Dalam rangkaian, menggunakan dua buah kontaktor yang masing-masing kontaktor menjalankan satu motor. Kontaktor 1 digunakan untuk menjalankan motor 1, sedangkan kontaktor 2 untuk menjalankan motor 2. Cara menjalankan motor tekan tombol *ON* dan kontaktor1 akan dalam keadaan *ON*, kemudian motor 1 akan menyala. Beberapa saat kemudian timer yang di *setting* sesuai keinginan misalnya 10 detik *energized*. Kemudian secara otomatis kontaktor2 akan menyala dan menjalankan motor 2. Cara mematikan motor dengan menekan tombol *OFF*. Untuk mengoperasikan dan menjalankan trainer pengendali motor tiga fasa hubungan berurutan secara otomatis adalah dengan menghubungkan antar *port* dari R (sumber) ke MCB lalu hubungkan keluaran MCB ke *port* tombol *OFF*. Kemudian keluaran tombol *OFF* dihubungkan ke port tombol *ON* (A) keluaran port A dihubungkan ke

port NO1, keluaran port NO1 dihubungkan ke port B, keluaran port B dihubungkan ke port A1 (MC1), keluaran port A2 langsung dihubungkan ke NOL. Kemudian port 2 timer dihubungkan ke NO1, port 7 timer dihubungkan langsung ke NOL. Lalu port 8 timer dihubungkan ke R (sumber) dan port 6 timer dihubungkan ke A1 (MC1), terakhir keluaran port A2 (MC2) dihubungkan langsung ke NOL. Untuk pengawatan motornya dengan cara port sumber PLN (R, S, T) dihubungkan ke port motor 1 (U1, V1, W1) dan keluaran port sumber PLN dihubungkan ke port motor 2 (U2, V2, W2). Perlu diperhatikan sebelum menjalankan motor di harapkan untuk memastikan rangkaian atau bertanya pada instuktur praktek bahwa rangkaian sudah benar dan tidak salah dalam menghubungkan antara port satu ke port yang lainnya. Setelah semuanya siap dan benar, trainer siap dijalankan. Bentuk fisik alat praktikum pengendali motor induksi tiga fasa hubungan berurutan dapat dilihat pada Gambar 9. dan Gambar 10

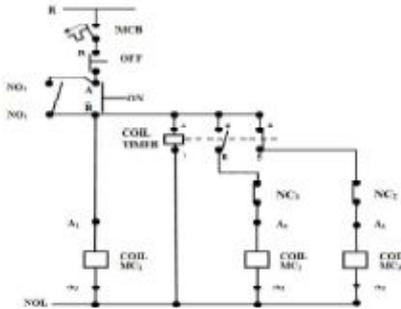


Gambar 9. Rangkaian kontrol hubungan berurutan
(Sumber: Dokumentasi Penulis)



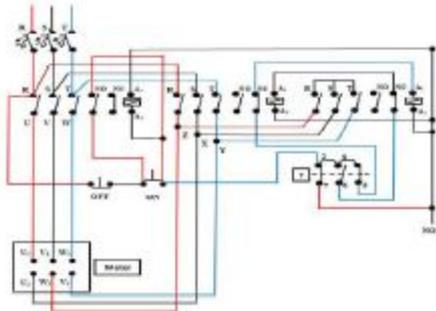
Gambar 10. Rangkaian pengendali hubungan berurutan
(Sumber: Dokumentasi Penulis)

Rangkaian motor induksi tiga fasa untuk hubungan star delta secara otomatis terdiri atas tiga kontaktor. Kontaktor 1 dan 3 untuk menjalankan motor secara star sedangkan kontaktor 1 dan 2 untuk menjalankan motor secara delta. Saat motor terhubung star maka kontaktor 1 dan 3 dalam keadaan *ON* sedangkan kontaktor 2 dalam keadaan *OFF*. Beberapa saat kemudian timer yang di *setting* sesuai keinginan misalnya 1 menit *energized* dan akan mematikan kontaktor 3. Sebaliknya jika saat motor terhubung delta maka kontaktor 1 dan 2 dalam keadaan *ON* sedangkan kontaktor 3 dalam keadaan *OFF*. Untuk pertama kali menyalakan rangkaian motor menggunakan tombol *ON*, sedangkan untuk mematikan semua rangkaian motor menggunakan tombol *OFF*. Cara mengoperasikan dan menjalankan trainer pengendali motor tiga fasa hubungan star delta secara otomatis adalah dengan menghubungkan antar port dari R (sumber) ke MCB lalu hubungkan keluaran MCB ke port tombol *OFF*. Kemudian keluaran tombol *OFF* dihubungkan ke port tombol *ON* (A) keluaran port A dihubungkan ke port NO1, keluaran port NO1 dihubungkan ke port B, keluaran port B dihubungkan ke port A1 (MC1), keluaran port A2 langsung dihubungkan ke NOL. Kemudian port 2 timer dihubungkan ke NO1, port 7 timer dihubungkan langsung ke NOL. Kemudian keluaran port NO1 dihubungkan ke port 8 timer. Lalu keluaran port 8 timer dihubungkan ke port 6 timer lalu keluaran port 6 timer dihubungkan ke port NC3. Kemudian keluaran port NC3 dihubungkan ke port A1 (MC2), keluaran port A2 dihubungkan langsung ke NOL. Kemudian keluaran port 8 timer dihubungkan juga ke port 5 timer lalu keluaran port 5 timer dihubungkan ke NC2. Kemudian keluaran port NC2 dihubungkan ke port A1 (MC3), keluaran port A2 dihubungkan langsung ke NOL. Untuk pengawatan motornya dengan cara port sumber PLN (R, S, T) dihubungkan ke port motor 1 (U1, V1, W1) dan keluaran port sumber PLN dihubungkan ke port motor 2 (Z, X, Y). Untuk mengetahui rangkaian kontrolnya dapat dilihat pada Gambar 11.



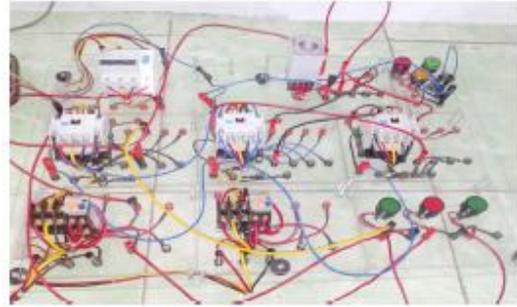
Gambar 11. Rangkaian kontrol motor hubungan star delta
(Sumber: lib.unnes.ac.id/18931/1/5311309005.pdf gambar ini diambil pada tanggal 19 Juli 2016)

Sedangkan rangkaian secara keseluruhan pada Gambar 12.

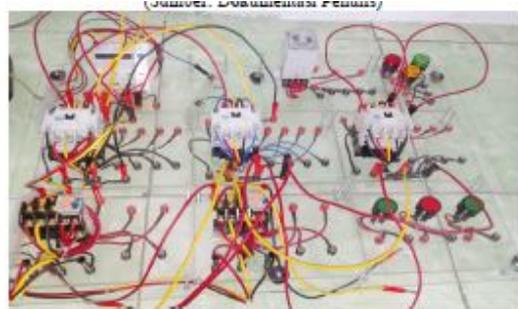


Gambar 12. Rangkaian kontrol dan Daya motor hubungan star delta
(Sumber: : lib.unnes.ac.id/18931/1/5311309005.pdf gambar ini diambil pada tanggal 19 Juli 2016)

Perlu diperhatikan sebelum menjalankan motor di harapkan untuk memastikan rangkaian atau bertanya pada instuktur praktek bahwa rangkaian sudah benar dan tidak salah dalam menghubungkan antara port satu ke port yang lainnya. Setelah semuanya siap dan benar, trainer siap dijalankan. Bentuk fisik alat praktikum pengendali motor induksi tiga fasa hubungan star delta dapat dilihat pada Gambar 13 dan Gambar 14.



Gambar 13. Rangkaian kontrol hubungan star delta
(Sumber: Dokumentasi Penulis)



Gambar 14. Rangkaian pengendali hubungan star delta
(Sumber: Dokumentasi Penulis)

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan uraian bab-bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan yaitu setelah dirancang dan di uji coba alat praktikum yang dibuat, maka alat praktikum pengendali motor induksi 3 phase ini dapat digunakan untuk hubungan/rangkaian selain hubungan star delta dan hubungan berurutan. Alat ini sesuai dengan silabus materi penggunaan dan pengaturan motor 3 phase.

DAFTAR PUSTAKA

- Arindya, R. 2013. *Penggunaan dan Pengaturan Motor Listrik*. edisi pertama. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Fadillah, Kismet dan Wurdono. 1999. *Instalasi Motor-Motor Listrik Jilid 2*. Bandung: Angkasa.
- Harten, Van. Setiawan. 1991. *Instalasi Listrik Arus Kuat 1*. cetakan keempat. Bandung: Binacipta.
- Harten, Van. Setiawan. 1991. *Instalasi Listrik Arus Kuat 3*. cetakan keempat. Bandung: Binacipta.

- Kementrian Pendidikan Dan Kebudayaan Republik Indonesia. 2014. *Instalasi Motor Listrik*. Jakarta.
- Sumardjati, P. Yahya, S. dan Mashar, A. 2008. *Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid 2*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jendral Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- Siswoyo. 2008. *Teknik Listrik Industri Jilid 2*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jendral Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.