II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Tabel 1. Penelitian terdahulu

Penulis dan tahun	Judul	Keterangan
(Ahmad Ridwan, 2022)	Rancang bangun sistem kontrol motor induksi tiga fasa berbasis mikrokontroler	Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem kontrol motor induksi tiga fasa berbasis mikrokontroler sebagai media pembelajaran yang mudah dipahami. Metode penelitian yang digunakan meliputi studi pustaka, perancangan desain sistem dan wiring trainer, pengadaan dan pengujian komponen, perakitan serta realisasi alat, hingga pengujian performa menggunakan beberapa metode kontrol, yaitu *Direct On Line* (DOL), *Star-Delta*, *Forward-Reverse*, dan Rangkaian Kontrol Berurutan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa trainer yang dibuat dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan metode kontrol yang ditentukan. Dengan menggunakan mikrokontroler, sistem kontrol menjadi lebih fleksibel dan efisien dibandingkan dengan sistem berbasis PLC konvensional. Trainer ini dapat digunakan sebagai alat pembelajaran interaktif yang sangat membantu mahasiswa dalam
Penulis	**Judul**	**Keterangan**

Dipindai dengan CamScanner

(Toto Tohir, 2019)	Rancang bangun kendali motor induksi 3 fasa berbasis PLC dengan metode *pemograman function block diagram*	Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sistem pengasutan motor induksi tiga fasa menggunakan PLC dengan metode Function Block Diagram (FBD) pada sistem Direct On Line (DOL) dan Star-Delta (Y-Δ). Metode yang digunakan mencakup perancangan perangkat keras dan lunak, pengawatan, serta pengujian. Hasil menunjukkan bahwa pengasutan dengan PLC lebih stabil dan mudah diperbaiki dibandingkan saklar magnetik, dengan arus start DOL sebesar 21,6 A, sedangkan Star-Delta hanya 1,3 A, membuktikan efektivitasnya dalam mengurangi lonjakan arus awal.
(Ridwan Al Rasid, 2012)	Perancangan trainer kit starting motor induksi dengan sistem inverter	Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat trainer kit starting motor induksi menggunakan sistem inverter guna mempermudah pembelajaran dan melengkapi modul praktikum mesin listrik yang telah ada. Metode yang digunakan meliputi studi literatur, perancangan dan pembuatan trainer kit, serta pengujian berbagai metode starting motor seperti Variable Speed Drive (VSD), *Forward-Reverse*, Multi Speeds, dan Frequency Starting Mode menggunakan inverter
Penulis	**Judul**	**Keterangan**

Dipindai dengan CamScanner

		SCHNEIDER ATV12U15M2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan inverter dapat mengurangi lonjakan arus starting, memungkinkan kontrol kecepatan yang lebih fleksibel dibandingkan metode starting konvensional, serta memberikan efisiensi lebih baik dalam operasional motor induksi.
(Warchit M.Silaen, 2021)	Perancangan trainer *PLC Omron CP1E* sebagai sarana pembelajaran dilaboratorium PLC	Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat trainer *PLC Omron CP1E* sebagai media pembelajaran di laboratorium PLC untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa dalam sistem kendali motor listrik tiga phase. Metode yang digunakan meliputi perancangan perangkat keras dan lunak, perakitan, serta pengujian sistem kendali motor dengan beberapa metode seperti *Direct On Line* (DOL), *Star-Delta*, *Forward-Reverse*, dan kendali tiga motor berurutan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa trainer yang dikembangkan berfungsi dengan baik dan dapat digunakan sebagai sarana pembelajaran yang sangat efektif, serta memberikan kemudahan dalam memahami prinsip kerja PLC, serta meningkatkan efektivitas praktik di laboratorium.

Penulis	**Judul**	**Keterangan**

Dipindai dengan CamScanner

(Mirza Sultan Farza, 2022)	Perancangan trainer kendali motor listrik berbasis PLC pada mata kuliah praktikum pengendalian mesin listrik	Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan trainer kendali motor listrik berbasis PLC sebagai media pembelajaran dalam mata kuliah Praktikum Pengendalian Mesin Listrik. Metode yang digunakan adalah Research & Development (R&D) yang mencakup perancangan, pembuatan, validasi oleh ahli media dan materi, serta uji coba penggunaan trainer. Trainer ini menggunakan PLC Zelio tipe SR2 B201FU dan diuji kelayakannya melalui validasi serta angket respon mahasiswa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa trainer dan modul praktikum sangat layak digunakan, dengan nilai validasi ahli media sebesar 91% dan ahli materi sebesar 98%, serta tanggapan mahasiswa sebesar 87%, yang menunjukkan bahwa trainer ini sangat penting untuk diterapkan dalam pembelajaran.

2.2 Trainer Kit

Trainer merupakan suatu set peralatan laboratorium yang digunakan sebagai media pendidikan yang merupakan gabungan antara model kerja dan mockup, trainer ditujukan untuk menunjang pembelajaran peserta didik dalam menerapkan pengetahuan yang diperolehnya pada benda nyata. Model mock-up adalah suatu penyederhanaan susunan bagian sistem yang lebih rumit. Dari pernyataan tersebut dapat disimpulkan, trainer merupakan media pembelajaran berupa replika atau miniatur sebuah perangkat yang disimulasikan dan diterapkan dalam kegiatan praktikum di labratorium yang membantu dan

Dipindai dengan CamScanner

mempermudah saat memahami serta menguasai materi pembelajaran yang disampaikan.

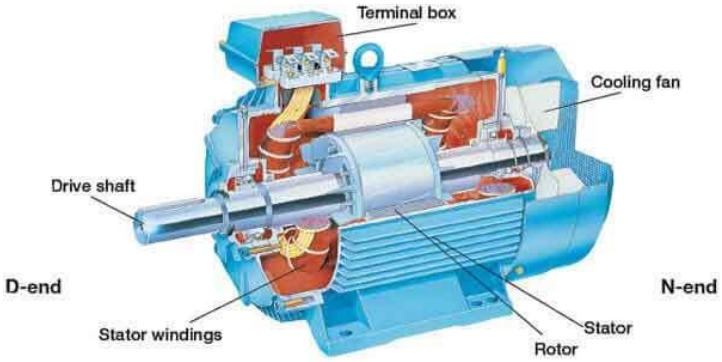
Sebuah trainer tidak sembarang dirancang jika tidak memiliki kelebihan, adapun beberapa kelebihan trainer adalah sebagai berikut:

1 Tidak semua sistem dapat dipresentasikan dalam model sistematis, simulasi merupakan alternatif yang tepat.
2 Dapat bereksperimen tanpa adanya resiko pada sistem yang nyata, dengan simulasi memungkinkan untuk melakukan percobaan terhadap sistem tanpa harus menanggung resiko terhadap sistem yang bejalan.
3 Simulasi dan menestimasi kinerja sistem pada kondisi tertentu dan memberikan alternatif desain terbaik sesuai spesifikasi yang diinginkan.
4 Simulasi memunkinkan untuk melakukan studi jangka panjang dalam waktu relaif singkat.
5 Dapat menggunakan input data bervariasi.
6 Sifatnya konkrit dan lebih realistis dalam memunculkan pokok masalah, jika dibandingkan dengan bahasa verbal.

2.3 Motor Induksi 3 Phase

Motor induksi adalah salah satu jenis motor listrik yang bekerja berdasarkan arus bolak-balik (AC) dan prinsip induksi elektromagnetik. Konsep dasarnya berkembang dari teori Faraday tentang medan magnet yang berputar dan Lorentz tentang gaya yang timbul dari perubahan magnetik. Galileo Ferraris pada tahun 1885 membuat penemuan awal tentang motor AC, meskipun masih butuh waktu bagi *Nikola Tesla dan George Westinghouse* untuk mewujudkannya dalam skala industri besar. Motor induksi bekerja dengan cara menghasilkan fluks magnetik dari daya listrik masukan pada stator. Fluks ini kemudian menciptakan medan magnet yang berputar. Rotor, yang biasanya berupa sangkar tupai atau belitan, bergerak akibat interaksi antara rotor dan medan magnet stator. Proses ini disebabkan oleh perbedaan relatif antara putaran rotor dan medan putar stator, yang dinamakan slip. Slip ini meningkat sebanding dengan beban yang ditarik oleh motor.

Dipindai dengan CamScanner



Gambar 1. Kontruksi Motor Induksi 3 Phase
Sumber: (https://www.plcdroid.com/2019/03/motor-induksi.html)

Motor induksi 3 fase adalah jenis motor listrik yang beroperasi berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Ketika belitan stator motor diberi tegangan tiga fase, arus listrik akan mengalir melalui belitan tersebut, menghasilkan medan magnet yang berputar. Medan magnet ini berinteraksi dengan rotor yang diam, menciptakan gaya gerak listrik (ggl) di rotor dan menghasilkan torsi yang memutar rotor (Addam, 2021). Motor ini dikenal karena efisiensinya dan kemampuannya untuk beroperasi dalam berbagai aplikasi industri.

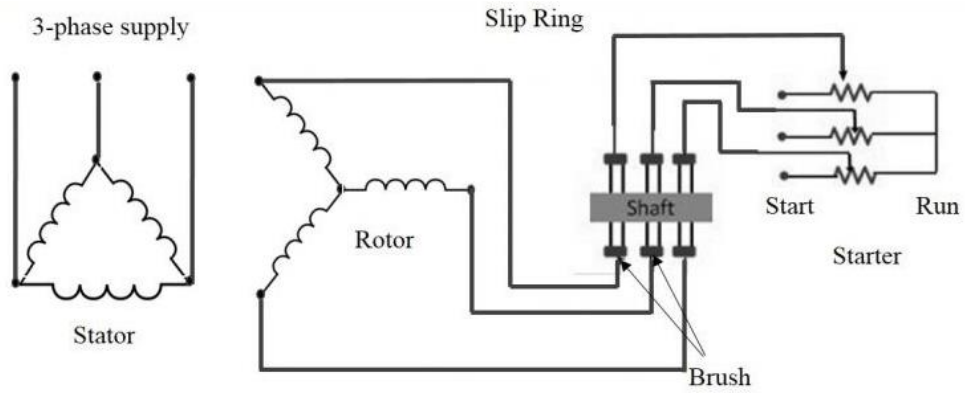
Prinsip kerja motor induksi 3 fase melibatkan slip, yaitu perbedaan antara kecepatan medan magnet yang berputar dan kecepatan rotor. Slip ini diperlukan untuk menghasilkan ggl pada rotor, yang pada gilirannya menghasilkan torsi1. Motor ini umumnya digunakan dalam aplikasi yang memerlukan daya tinggi dan kontrol kecepatan yang baik (Denis, 2013)

Motor induksi terdiri dari tiga komponen utama: stator, celah udara, dan rotor.

1 Stator merupakan bagian mesin yang tidak bergerak. Ia terdiri dari rangka, inti, alur, dan kumparan tembaga. Rangka stator melindungi manusia dari kontak langsung dengan bagian-bagian mesin yang bergerak dan menghindari goresan gangguan objek atau udara terbuka.
2 Celah udara adalah tempat terjadinya perpindahan energi dari stator menuju ke rotor. Celah ini sangat sempit, dengan ketebalan antara 0,4–4 mm, yang memungkinkan efisiensi transfer energi maksimal.
3 Rotor adalah bagian mesin yang dapat bergerak. Pergerakan rotor diakibatkan oleh munculnya induksi elektromagnetik dari kumparan stator menuju ke kumparan yang ada pada rotor. Rotor dapat dibedakan

Dipindai dengan CamScanner

berdasarkan bentuk konstruktornya, seperti rotor sangkar atau rotor belitan.



Gambar 2. Rangkain Motor Induksi 3 Phase
Sumber: (https://lieneticjaya.com/motor-induksi-slip-ring/)

Motor induksi sangat populer di industri maupun rumah tangga karena beberapa alasan. Pertama, motor induksi bekerja dengan arus bolak-balik sehingga memiliki rasio daya listrik terhadap berat mesin yang lebih tinggi dibandingkan dengan motor DC. Selain itu, harga jual motor induksi relatif murah dibandingkan dengan motor AC jenis lainnya. Tingkat keandalan dan kemudahan perawatan juga membuat motor induksi menjadi pilihan utama dalam banyak aplikasi.

Dalam rangka merancang trainer kontrol motor induksi, pemahaman mendalam tentang komponen-komponennya serta prinsip kerjanya sangat penting. Trainer ini dapat membantu meningkatkan efisiensi operasi motor induksi dan memungkinkan pelajar atau insinyur untuk melakukan eksperimentasi langsung dengan variasi parameter kontrol. Dengan demikian, mereka dapat lebih baik memahami dinamik motor induksi serta strategi kontrol yang efektif untuk meningkatkan performa overall sistem listrik.

2.4 Rancang Bangun

Rancang bangun adalah kegiatan yang mencakup penggambaran, perencanaan, dan pembuatan sketsa atau pengaturan dari beberapa elemen yang terpisah menjadi suatu kesatuan yang utuh dan berfungsi. Menurut Nurlaila Hasyim, rancang bangun merupakan proses menerjemahkan hasil analisis ke dalam bentuk paket perangkat lunak, serta menciptakan sistem baru atau memperbaiki sistem yang sudah ada. Tujuan utama dari rancang bangun adalah untuk memberikan gambaran yang jelas dan lengkap kepada pemrogram dan ahli teknik yang terlibat dalam pengembangan sistem. Rancang bangun harus

Dipindai dengan CamScanner

berguna dan mudah dipahami agar dapat digunakan secara efektif. Proses ini juga bertujuan untuk mendefinisikan spesifikasi teknis dan arsitektur sistem, termasuk detail komponen dan batasan-batasan yang mungkin dihadapi selama implementasi.

Rancang bangun sangat penting dalam pengembangan sistem karena membantu mengurangi risiko kegagalan proyek dengan memastikan bahwa semua aspek telah dipertimbangkan sebelum implementasi dilakukan. Dengan melakukan perancangan yang matang, pengembang dapat mengidentifikasi potensi masalah sejak dini dan mengembangkan solusi yang efektif. Secara keseluruhan, rancang bangun adalah langkah kritis dalam menciptakan sistem yang efisien dan efektif, baik dalam konteks perangkat lunak maupun perangkat keras. Proses ini tidak hanya membantu dalam menciptakan solusi baru tetapi juga dalam memperbaiki dan mengoptimalkan sistem yang sudah ada.

2.5 Rangkaian Kontrol Motor Induksi

Rangkaian kontrol motor induksi adalah sistem kelistrikan yang digunakan untuk mengoperasikan dan mengendalikan motor induksi, yang umum digunakan di industri karena sifatnya yang kuat, efisien, dan sederhana dalam pemeliharaan. Rangkaian ini memungkinkan pengoperasian motor dengan cara yang aman dan efektif, termasuk mengatur start dan stop, perlindungan terhadap kelebihan arus atau tegangan, dan mengontrol kecepatan atau arah rotasi motor. Pada umumnya, rangkaian kontrol motor induksi dimulai dengan tombol start yang mengaktifkan kontaktor, yang menghubungkan motor ke sumber listrik. Ketika tombol start ditekan, kontaktor akan tertarik dan menyambungkan tegangan ke motor. Jika motor beroperasi dengan baik, rangkaian ini akan terus berjalan hingga ada sinyal dari tombol stop, overload relay, atau proteksi lain yang menyebabkan rangkaian terputus, menghentikan motor.

Fungsi Utama Rangkaian Kontrol Motor Induksi:

1 Menyalakan dan Mematikan Motor: Pengendalian dasar ini dilakukan menggunakan saklar atau tombol seperti push button (tombol start/stop).
2 Perlindungan Motor: Mencegah kerusakan motor akibat kelebihan arus, korsleting, atau overheat dengan menggunakan perangkat seperti overload relay atau circuit breaker.
3 Mengontrol Kecepatan: Mengubah kecepatan motor melalui perangkat kontrol seperti *Variable Frequency Drive* (VFD).

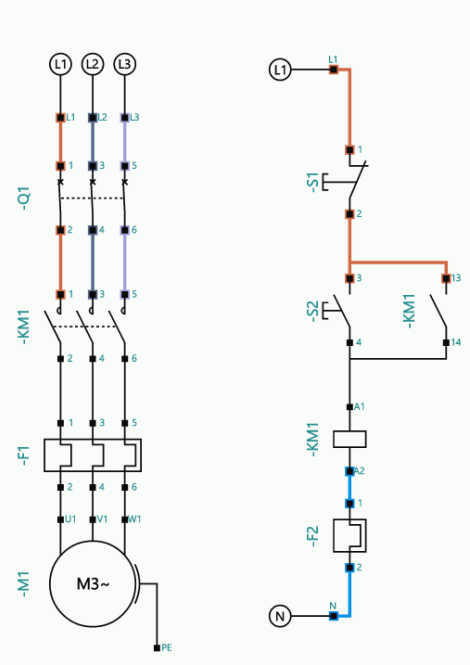
Dipindai dengan CamScanner

4 Mengatur Arah Putaran: Untuk motor tiga fasa, perubahan arah putaran dapat dilakukan dengan membalik dua dari tiga fasa listrik.

Penelitian ini difokuskan pada pengembangan trainer kontrol motor induksi 3 phase yang dirancang untuk mempermudah pemahaman terhadap dua jenis rangkaian pengendalian utama, yaitu *Direct-On-Line* (DOL) dan *Star-delta*.

2.5.1 *Direct On Line* (DOL)

Menurut Firza (2022) starting *Direct On line* atau bisa disebut dengan DOL yaitu rangkaian kontrol listrik yang berfungsi memberikan sebuah arus kepada motor listrik. Rangkaian Starting *Direct On line* ini sering dipakai pada industri, karena motor listrik pada start awal itu membutuhkan sebuah arus yang sangat tinggi bisa disebut dengan Inrush Current (In = nilai name plate elektro motor). Rangkaian *Direct On line* secara umum bekerja langsung memberikan tegangan 220 maupun 380V AC pada elektro motor jadi langsung full load untuk menggerakan elektro motor melalui sebuah rangkaian yang mempunyai pengamanan short circuit dan overload untuk mengamankan sebuah elektro motor tersebut. Adapun rangkaian kontrol Starting *Direct On line* dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



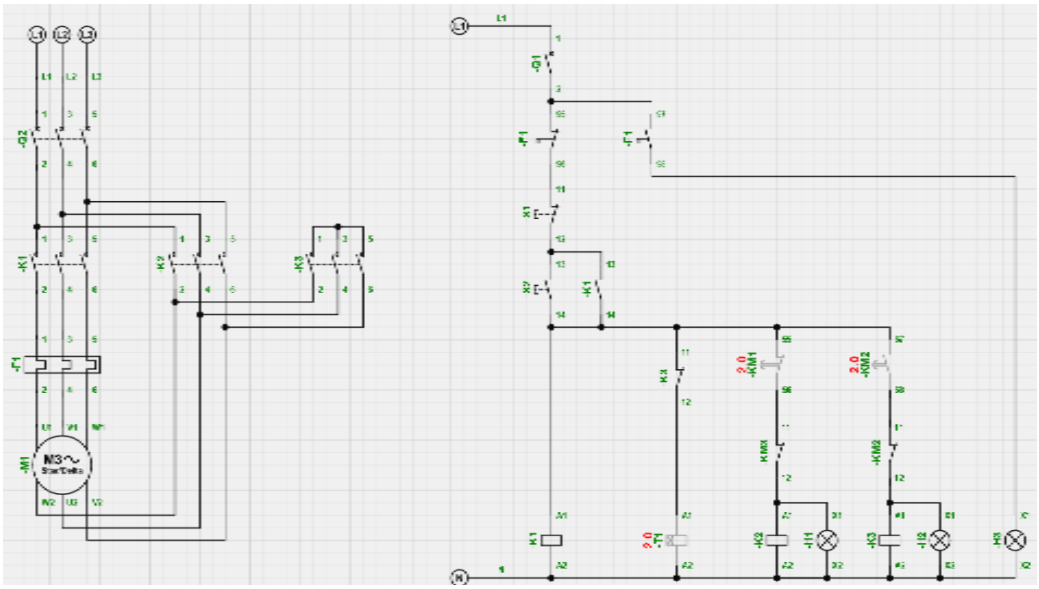
Gambar 3. Rangkaian DOL
Sumber: (Hermawati dkk. 2022)

Dipindai dengan CamScanner

2.5.2 *Star-Delta*

Penelitian ini juga mencoba membuat sistem rangkaian bintang (Y)-segitiga(Δ), dalam hal ini adalah pengaturan pada pengasutan bintang (Y)-segitiga(Δ) motor listrik tiga phasa secara otomatis. Dengan menggunakan sistem pegasutan bintang (Y)-segitiga(Δ) diharapkan dapat mengurangi besar arus pengasutan pada saat motor start (Hermawan, 2012).

Star delta merupakan suatu sistem pada starting motor yang sering dimanfaatkan sebagai starting motor induksi 3 fasa. Menurut Zidan (2024) Pada star delta ini memiliki metode dalam motor induksi 3 fasa yaitu metode pengasutan agar meminimalkan tegangan yang akan masuk kedalam kumparan motor. Salah satu motor induksi yang bisa dimanfaatkan kedalam satuan ikatan star delta yang memiliki 6 buah terminal serta tidak bisa dimanfaatkan dengan cara bersamaan. Sehingga *star* (Y) digunakan pada awal motor bekerja serta saat motor sudah maksimal sesuai kecepatan sekitar 80% maka hubungan star dapat diubah menjadi hubungan *delta* (Δ). Dari *star* itu, tegangan semua fasa diturunkan sebesar 1/3 dari 57,7% tegangan sumber serta arus sumber tersebut dapat dikurangi sekitar 1/3. Selain itu, motor induksi 3 fasa memiliki keuntungan menggunakan ikatan *star delta* yaitu arus hubungan star memiliki minimum terhadap arus hubungan delta, maka dapat menurunkan besarnya arus start motor yang mendekati 7 kali arus nominal dan torsi motor bisa dipertahankan.



Gambar 4. Rangkain *Star-delta*

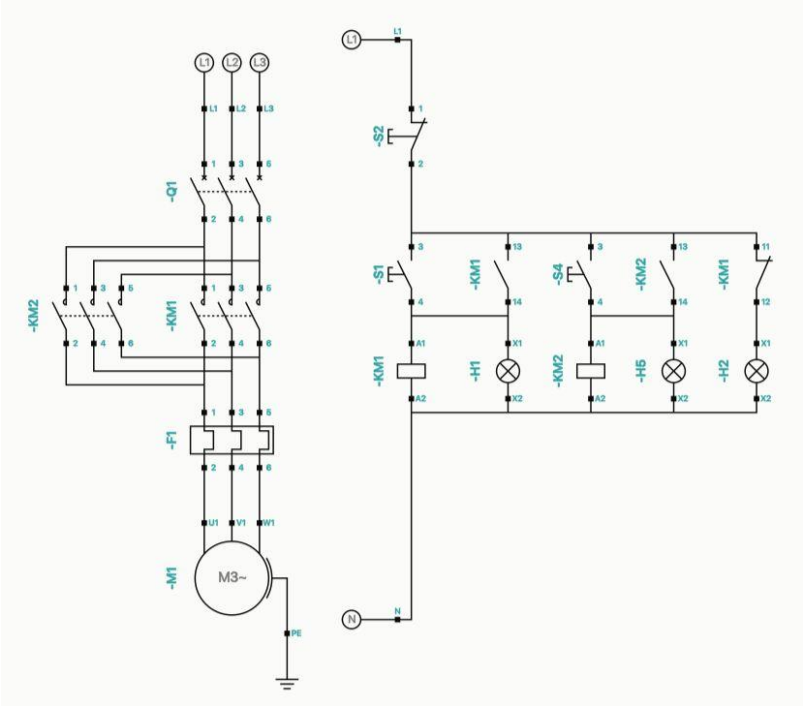
Sumber: (https://www.carailmu.com/2021/07/starting-star-delta-motor.html)

Dipindai dengan CamScanner

Rangkaian *Star-delta* ini terdiri dari beberapa komponen penting seperti kontaktor, timer**,** overload relay, serta perangkat pengaman lainnya seperti MCB atau fuse. Timer berperan mengatur jeda waktu perpindahan dari mode Star ke Delta. Metode ini banyak dipilih karena lebih ekonomis dan mampu mengurangi lonjakan arus serta guncangan mekanis saat motor pertama kali dinyalakan. Namun, teknik ini juga memiliki keterbatasan, seperti tidak cocok untuk beban yang membutuhkan torsi awal besar dan adanya jeda waktu singkat saat perpindahan dari Star ke Delta yang bisa sedikit mengganggu operasi.

2.5.3 *Forward Reverse*

Rangkaian *Forward-Reverse* adalah sistem kontrol listrik yang digunakan untuk membalik arah putaran motor listrik tiga fasa atau satu fasa. Rangkaian ini umumnya diterapkan pada motor induksi, terutama untuk aplikasi seperti konveyor, lift, atau mesin industri yang membutuhkan perubahan arah putaran. Rangkaian *Forward-Reverse* bekerja dengan membalik dua dari tiga fasa suplai ke motor listrik. Perubahan ini menyebabkan medan magnet yang berputar di dalam motor berubah arah, sehingga rotor berputar ke arah sebaliknya.



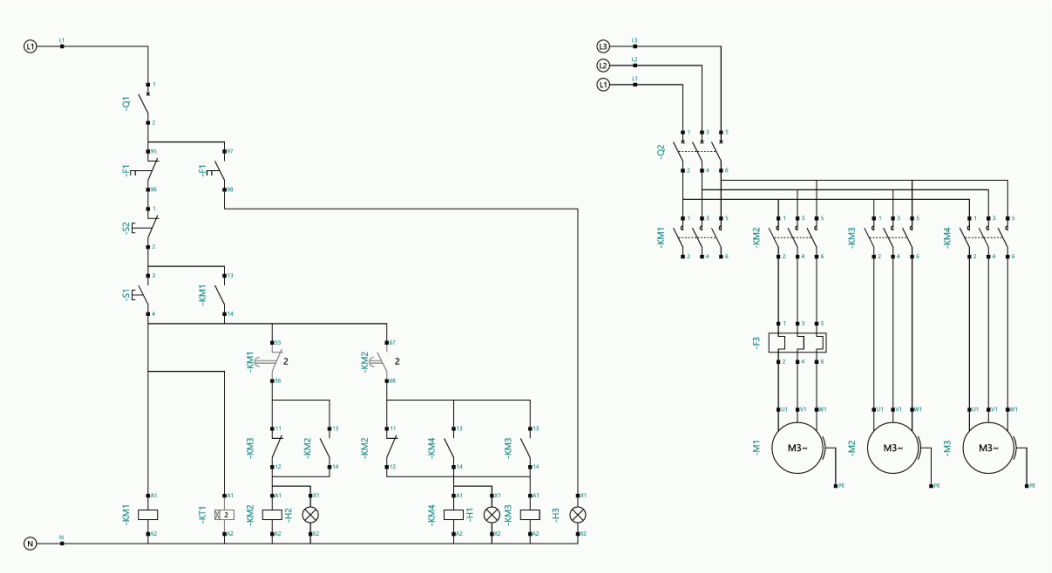
Gambar 5. Rangkain *Forward Reverse*
Sumber: (hamadun.blogspot.com)

Pada rangkaian *Forward-Reverse* dapat digunakan dalam banyak industri terutama yang menggunakan jenis arah putaran kerja yang searah dan

Dipindai dengan CamScanner

berlawanan arah jarum jam salah satunya pada penggunaan conveyor (Addiwani, 2023).

2.5.4 Rangkaian Bergantian



Gambar 6. Rangkaian Bergantian

Sumber: (margionoabdil.blogspot.com)

Rangkaian kontrol bergantian merupakan rangkaian yang dibuat untuk melakukan kontrol dari rangkaian listrik agar dapat membuatnya bekerja secara berurutan (Nurfauziah, 2023). Rangkaian ini sering diterapkan pada sistem pompa air bergantian, kompresor, atau conveyor yang bekerja secara bergiliran untuk menghindari pemakaian berlebihan pada satu motor. Sistem ini bekerja dengan menyalakan Motor 1 (M1) terlebih dahulu, lalu setelah periode tertentu atau sesuai kondisi tertentu, Motor 1 mati dan Motor 2 (M2) menyala, begitu seterusnya.

2.6 Miniature Circuit Breaker

Menurut Ummah (2022) MCB (*Miniature Circuit Breaker*) adalah bagian instalasi listrik yang berfungsi sebagai pengaman dalam instalasi listrik apabila terjadi beban berlebih atau arus hubung singkat. *Miniature Circuit Breaker* (MCB) adalah perangkat otomatis yang melindungi sistem kelistrikan dari bahaya kelebihan beban dan hubungan pendek.

Dipindai dengan CamScanner

Gambar 7. *Miniatur Circuit Breaker*
Sumber: (Ummah, 2022)

MCB bekerja dengan cara memutus aliran listrik secara otomatis saat terjadi anomali dalam arus, menggunakan mekanisme trip termal dan magnetik. Mekanisme termal menggunakan strip bimetal yang melengkung akibat panas dari arus berlebih, sementara mekanisme magnetik memanfaatkan medan elektromagnet untuk memicu pemutusan saat terjadi lonjakan arus yang signifikan. Menurut Saleh (2017) MCB akan secara otomatis dengan segera memutuskan arus apabila arus yang melewatinya melebihi dari arus nominal yang telah ditentukan pada MCB tersebut. Arus nominal yang terdapat pada MCB adalah 1A, 2A, 4A, 6A, 10A, 16A, 20A, 25A, 32A dan lain sebagainya. Perangkat ini dirancang dengan sensitivitas tinggi terhadap batas arus tertentu untuk mencegah gangguan yang tidak perlu, sehingga sangat cocok untuk digunakan pada berbagai sistem kelistrikan, termasuk rumah tangga dan industri ringan.

MCB juga memiliki banyak manfaat, seperti ukuran yang ringkas, kemudahan pemasangan, dan fleksibilitas dalam pemilihan karakteristik trip untuk aplikasi tertentu. Dalam instalasi rumah tangga, MCB melindungi peralatan listrik seperti lampu dan pemanas dari risiko kebakaran akibat kerusakan sirkuit. Di sektor industri, perangkat ini mencegah kerusakan alat berat dan downtime operasional akibat arus lonjakan tinggi. Selain itu, MCB lebih praktis dibandingkan sekering tradisional karena dapat direset dan digunakan kembali setelah trip, yang mengurangi biaya penggantian.

Dipindai dengan CamScanner

2.7 Kontaktor

Gambar 8. Kontaktor
Sumber: (Suryani, 2020)

Menurut suryani (2020) Penggunaan kontaktor listrik dalam sistem kontrol maupun sistem pendistribusian listrik sangat banyak manfaatnya, terutama dalam membantu sistem kontrol listrik maupun aplikasi sistem. Dahulu kontaktor berukuran besar dikarenakan bekerja dalam range arus besar, dan saat ini mulai banyak di temukan kontaktor dalam ukuran kecil (relay).

Tabel 2. Spesifikasi Kontaktor

Nama	Keterangan
Type	: *Contactor LC1D32*
Poles Description	: 3 Phase
Voltage	: 220v
AC 1	: 25 Ampere
AC 3 380/425V	: 12 Ampere 5.5KW
Kontak bantu NO	: 1
Kontak bantu NC	: 1
Koil	: AC

Untuk kontaktor dibedakan dari jenis tegangan kerjanya (24 V, 32V , 220V dst) tegangan ini dibutuhkan untuk menggerakan koil yang ada di dalam kontaktor. Kegunaan kontaktor ada yang digunakan untuk pengoperasian motor ataupun hanya di gunakan dalam rangkaian kontrol yang terdapat di dalam

Dipindai dengan CamScanner

mesin-mesin industri. Setiap kontaktor di lengkapi dengan kontak relay bantu (NO/Normaly Open/no.13- 14) dan (NC/Normaly Close/no. 21-22)) selain kontak utama(1-2, 3-4, 5-6), pada saat koil (no. A1-A2) kontaktor mendapatkan tegangan sehingga mengalirkan arus yang mengubah koil menjadi medan magnet dan menarik spul menekan kontaktor, sehingga yang awal posisinya terbuka menjadi tertutup begitu juga degan relay pembantuan lainya.Penggunaan kontaktor dalam waktu lama di butuhkan perawatan yang intensif mengingat peralatan tersebut selalu bergerak (Terbuka/ Tertutup).

2.8 *Thermal Overload Relay*

Menurut Pradika, (2015) *Thermal Relay* atau *Overload Relay* adalah peralatan switching yang peka terhadap suhu dan akan membuka atau menutup kontaktor pada saat suhu yang terjadi melebihi batas yang ditentukan atau peralatan kontrol listrik yang berfungsi untuk memutuskan jaringan listrik jika terjadi beban lebih.

Gambar 9. *thermal overload relay* (TOR)
Sumber: (Pradika, 2015)

Arus yang terlalu besar yang timbul pada beban motor listrik akan mengalir pada belitan motor listrik yang dapat menyebabkan kerusakan dan terbakarnya belitan motor listrik. Untuk menghindari hal itu dipasang termal beban lebih pada alat pengontrol. Prinsip kerja thermal beban lebih berdasarkan panas (temperatur) yang ditimbulkan oleh arus yang mengalir melalui elemen-elemen pemanas bimetal. Dan sifatnya pelengkungan bimetal akibat panas yang

Dipindai dengan CamScanner

ditimbulkan, bimetal akan menggerakkan kontakkontak mekanis pemutus rangkaian listrik (Kontak 95-96 membuka).

2.9 Push Button

Menurut putra (2020) Push button adalah sebuah sakelar (switch) mekanis yang dirancang untuk mengontrol suatu rangkaian listrik dengan cara ditekan. Push button sering digunakan pada panel kontrol, mesin, dan perangkat elektronik sebagai pengendali. Saat tombol ditekan*, push button* akan mengubah status koneksi listrik, misalnya dari terbuka (open) menjadi tertutup (closed), atau sebaliknya.

Gambar 10. Push Button
Sumber: (Putra, 2020)

Push button biasanya kembali ke posisi semula setelah dilepaskan karena adanya mekanisme pegas di dalamnya. Berdasarkan konfigurasi kontaknya*, push button* dibagi menjadi dua jenis utama, yaitu Normally Open (NO) dan Normally Closed (NC).

2.9.1 Push Button NO

Gambar 11. Push Button NO
Sumber: (Putra, 2020)

Dipindai dengan CamScanner

Push button NO adalah sakelar yang dalam kondisi normal (tidak ditekan) memiliki kontak terbuka (open), sehingga rangkaian listriknya terputus. Ketika tombol ditekan, kontaknya menjadi tertutup (closed), sehingga arus listrik dapat mengalir. Contoh penggunaan nya seperti tombol start pada motor listrik.

2.9.2 Push Button NC

Gambar 12. Push Botton NC
Sumber: (Putra, 2020)

Push button NC adalah sakelar yang dalam kondisi normal (tidak ditekan) memiliki kontak tertutup (closed), sehingga rangkaian listriknya terhubung. Ketika tombol ditekan, kontaknya menjadi terbuka (open), sehingga arus listrik terputus. Contoh penggunaannya seperti tombol stop pada sistem kontrol.

Push button NO dan NC sering digunakan bersama dalam sistem kontrol motor listrik, seperti pada rangkaian DOL (*Direct-On-Line*) atau *star-delta*, untuk memastikan fungsi start dan stop berjalan dengan aman.

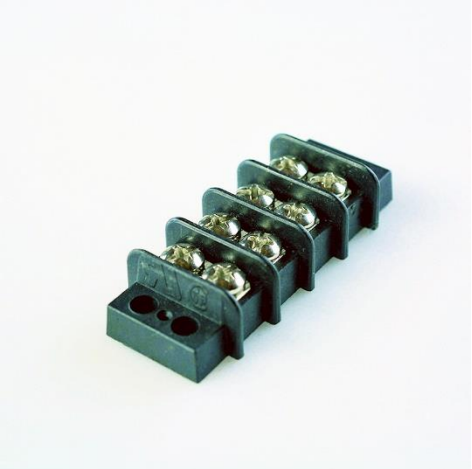
2.10 Light Emitting Diode (LED)

Gambar 13. LED
Sumber: (Martono, 2016)

Dipindai dengan CamScanner

Menurut Martono (2016) LED adalah salah satu jenis dioda yang memiliki 2 kutub yaitu anoda dan katoda. Dalam hal ini LED akan menyala bila ada arus listrik mengalir dari anoda menuju katoda. Karena Pemasangan kutub LED tidak boleh terebalik karena apabila terbalik kutubnya maka LED tersebut tidak akan menyala.

2.11 Terminal Blok



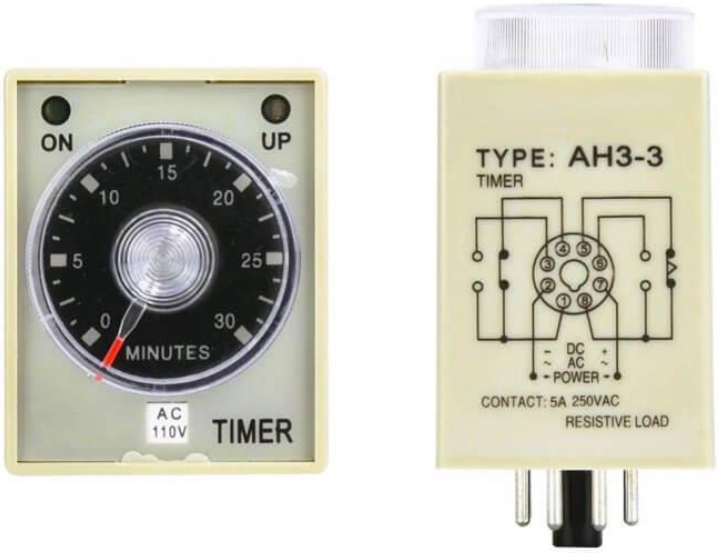
Gambar 14. Terminal Blok
Sumber: (vintagewireandsuplly.com)

Terminal blok (terminal block) adalah komponen listrik yang digunakan untuk menghubungkan dua atau lebih kabel secara aman dan terorganisir. Terminal blok biasanya berbentuk modul dan memiliki konektor yang dapat menjepit kabel untuk memastikan koneksi listrik yang stabil. Komponen ini sering digunakan dalam panel listrik, perangkat kontrol, dan instalasi kelistrikan untuk menyederhanakan penyambungan kabel serta memudahkan perawatan atau penggantian komponen.

2.12 *Time Delay relay* (TDR)

Menurut Tafrikhatin (2022) *Time Delay Relay* (TDR) adalah jenis relay yang dirancang untuk menunda perubahan status kontaknya setelah menerima sinyal input atau daya. Dalam pengoperasiannya, TDR memiliki mekanisme pengatur waktu (timer) yang memungkinkan kontrol terjadwal pada rangkaian listrik. Relay ini sering digunakan dalam aplikasi otomatisasi dan kontrol industri, seperti memulai atau menghentikan motor, menyalakan lampu, atau mengoperasikan peralatan secara berurutan dengan jeda waktu tertentu.

Dipindai dengan CamScanner



Gambar 15. *Time Delay Relay*
Sumber: (instrumentasialat.com)

Terdapat dua mode utama pada TDR, yaitu Delay On Operate (On-Delay), di mana relay mengaktifkan kontaknya setelah jeda waktu tertentu sejak diberi daya, dan Delay On Release (Off-Delay), di mana relay tetap aktif untuk beberapa waktu setelah daya dimatikan. *Time Delay Relay* dapat diatur dengan durasi waktu yang bervariasi, mulai dari milidetik hingga beberapa menit atau jam, tergantung kebutuhan aplikasi. Keunggulannya terletak pada kemampuannya meningkatkan efisiensi dan keamanan dalam sistem kontrol dengan mengurangi risiko operasional yang tidak sinkron.

Tabel 3. Spesifikasi *Time Delay Relay*

Nama	Keterangan
Model	: *Time Delay Relay* AH3-3
Jumlah	: 8 kontak
Tegangan opsional	: AC 220V
Delay Range	: 1s – 60s
Delay accuracy	: <=1%
Rated current	: 5A
Rated voltage	: 250VAC

Dipindai dengan CamScanner

2.13 Kabel NYA

Gambar 16. Kabel NYA

Sumber: (Ramadhan, 2022)

Kabel NYA memiliki satu penghantar berbentuk pejal, kabel ini umumnya digunakan pada instalasi rumah tinggal dan penggunaan ringan. Dan kabel NYA memiliki rated voltage 450/750V (Nashida & Syahrullah, 2021). Kabel NYA hanya memiliki satu penghantar (Ramadhan, 2022). Pada penelitian ini menggunakan kabel NYA untuk mendukung instalasi kelistrikannya.

2.14 Alat Pendukung Rancang Bangun

1. Tools Set

Gambar 17. Tools Set

Sumber: www.thespruce.com

Dipindai dengan CamScanner

Pada tools set terdapat obeng, gergaji besi, palu, tang dan meteran yang dapat digunakan untuk melakukan pemasangan mekanik pada alat trainer

2. Multimeter

Gambar 18. Tang Ampere
Sumber: www.rekomendasi.id

Tang ampere digunakan untuk mengukur tegangan listrik. Tang ampere dapat mengukur besaran arus bolak-balik (AC) 1 fasa dan 3 fasa.

2.15 Penilaian dan Media Pembelajaran

A. Menentukan jenis intrumen pengumpulan data dan prosedurnya

Instrumen yang digunakan untuk mengumpulkan data yaitu kuisioner/angket. Kuisioner yang digunakan adalah kuisioner tertutup, yakni kuisioner yang telah disediakan pilihan dan jawabannya sehingga responden tinggal memilih jawaban sesuai dengan memberikan tanda cek pada kolom jawaban yang telah disediakan (fuanda, 2015). Pada penelitian ini instrumen yang digunakan untuk pengumpulan data dengan cara memberikan angket kepada validator dan mahasiswa sebagai subjek uji coba. Dalam laporan (Arikunto, 2010) menyatakan bahwa sebelum menyusun angket ada beberapa prosedur yang harus dilalui yaitu :

1 Merumuskan tujuan yang akan dicapai dengan angket
2 Mengidentifikasi variabel yang dijadikan sasaran angket. Variabel tersebut adalah tingkat kelayakan atau validitas media pembelajaran.

Dipindai dengan CamScanner

3 Menentukan jenis data yang akan dikumpulkan sekaligus untuk menentukan teknik analisisnya.

B. Memilih acuan dari para ahli untuk menyusun kisi-kisi angket

Penulis menggunakan dua acuan dalam penilaian media pembelajaran, yaitu (arsyad, 2011) dan (asyhar, 2012). Berikut merupakan kisi-kisi menurut azhar arsyad dan asyhar.

Tabel 4. Aspek Penilaian media menurut **(arsyad, 2011)** dan **(asyhar, 2012)**

	Azhar Arshad		**Rayandra Asyhar**
1	Relevan dengan tujuan/sasaran belajar	1	Jelas dan rapi
2	Kesederhanaan	2	Bersih dan menarik
3	Tidak ketinggalan zaman	3	Cocok dengan sasaran
4	Skala	4	Relevan dengan topik yang diajarkan
5	Kualitas teknis	5	Sesuai dengan tujuan pembelajaran
6	ukuran	6	Praktis dan luwes
		7	Berkualitas baik
		8	Ukuran sesuai dengan lingkungan belajar

Data didapatkan dari penilaian validitas draft trainer kit dari validator berupa angka 1,2,3 dan 4. Adapun tingkat penilaian dapat dilihat pada tabel.

Tabel 5. Tingkat penilian

No	**Angka**	**Makna kualitatif**
1	4	Sub pokok bahasan sangat baik/sangat layak/ sangat menarik /sangat sesuai/sangat jelas/sangat tepat
2	3	Baik/layak/menarik/sesuai/jelas/tepat
3	2	Sub pokok bahasan kurang baik/ kurang layak/ kurang menarik / kurang sesuai/ kurang jelas/ kurang tepat
4	1	Sub topik bahasan sangat kurang baik/ sangat kurang layak/ sangat kurang menarik / sangat kurang sesuai/ sangat kurang jelas/ sangat kurang tepat

Dalam mengolah data dari ahli media dan ahli materi serta mahasiswa sebagai pengguna, berdasarkan laporan (akbar, 2013) adalah media ajar trainer kit ini sudah dapat dimanfaatkan dalam proses belajar mengajar apabila sudah mencapai kriteria valid (62,51% -81,25%) dan sangat valid (81,26% - 100%). Adapun rumus yang digunakan untuk mengolah data ahli materi/media.

Dipindai dengan CamScanner

Va $\frac{TSe}{TSh}$ x 100% ..... (1)

Keterangan :

Va : Validasi dari ahli

TSh: Total skor maksimal yang diharapkan

Tse: Total skor empiris (hasil uji coba)

Untuk presentase konversi menggunakan konversi skala likert dengan empat tingkatan, Skala Likert adalah suatu metode pengukuran sikap, opini, atau persepsi responden terhadap suatu pernyataan dengan memberikan pilihan jawaban bertingkat dari sangat negatif hingga sangat positif. Menurut Budiaji DKK. (2013). Skala ini digunakan pada angket atau kuesioner untuk mengetahui tingkat setuju/tidak setuju, puas/tidak puas, atau penilaian sejenis terhadap suatu objek penelitian. Maka kita membuat validitas menjadi empat kelas interval. Besar interval antar kelas diperoleh dengan membagi selisi skor maksimal dan skor minimal menjadi empat. Berdasarkan perhitungan tersebut maka ditetapkan kriteria presentase dengan pedoman interpretasi yang digunakan ditunjukan pada tabel.

Tabel 6. Kriteria validitas

No	Kriteria Validitas	Tingkat Validitas
1	81,26% - 100%	Sangat Valid, atau dapat digunakan tanpa revisi
2	62,51% - 81,25%	Valid, atau dapat digunakan namun perlu revisi kecil
3	43,76% - 62,50%	Tidak valid, disarankan tidak dipergunakan karena perlu di revisi besar
4	25,00% - 43,75%	Sangat tidak valid, atau tidak boleh di perggunakan

C. Penilaian hasil responden terhadap media pembelajaran

Penilaian terhadap responden akan menggunakan skala guttman. Skala gutmann merupakan skala yang digunakan untuk mendapatkan afirmatif dari responden. Tepatnya hanya 2 batasan seperti “Benar, salah” , “ ya, Tidak”, “Positif, Negatif”. Pertanyaan akan berbentuk pilihan ganda atau daftar ceklist yang dapat dibuat menggunakan skala ini, berikut adalah skor skala guttman yang dihitung:

Dipindai dengan CamScanner

Tabel 7. Penilaian skala guttman

Penilian	Skor
Ya	1
Tidak	0

(Sumber : (Sugiono, 2016))

Adapun skala pengukuran menggunakan skala guttman sebagai berikut:

Skala Ukuran : Skala guttman
Variabel : Pengetahuan mahasiswa mengenai penghasutan motor induksi 3 phase
Cara Ukur : Mengisi kuesioner
Alat Ukur : Lembar kuesioner pengetahuan untuk responden
Hasil Ukur : Tingkat Pengetahuan : Tinggi : 76-100% , Sedang : 56-75%, Rendah : 0-55%

2.16 Aplikasi Desain Sketchup

Pada saat akan melakukan sebuah pembuatan alat, maka langkah yang pertama adalah mengetahui bentuk desain terlebih dahulu. Visualisasi adalah parameter yang dibutuhkan untuk menggambarkan posisi dan sifat-sifat objek dalam suatu ruang. (Mesterjon, 2012). Pada penelitian kali ini menggunakan aplikasi skethcup untuk membuat desain mekanik alat trainer penghasutan motor induksi 3 phase.

Gambar 19. Logo sketchup
Sumber : (Eric, 2022)

Dipindai dengan CamScanner