

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan ini dilakukan untuk mendapatkan hasil dan pembahasan terhadap alat yang telah dibuat. Pada tahap ini akan membahas mengenai hasil rancangan trainer kit, pengujian trainer kit, uji validasi trainer, proses pembuatan petunjuk pengoperasian trainer, uji validasi petunjuk pengoperasian trainer, dan pengujian trainer kit sebagai media pembelajaran.

4.1 Hasil Rancangan Trainer Kit Penghasutan Motor Induksi 3 Phase

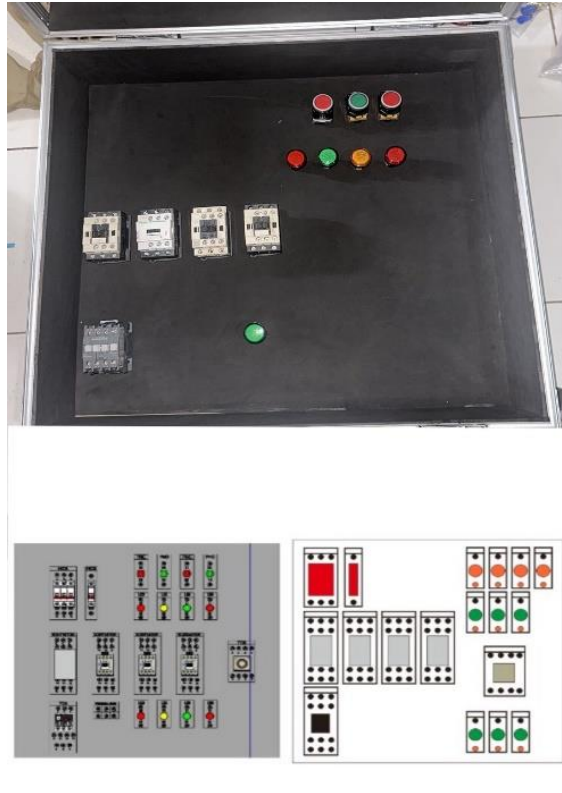
Pada tahap pengembangan trainer motor induksi 3 phase, Penelitian ini menggunakan model pengembangan ADDIE yang terdiri dari tahap analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Pada tahap analisis, peneliti melakukan observasi terhadap permasalahan pembelajaran rangkaian kontrol motor induksi 3 phase serta menganalisis kebutuhan media praktikum yang sesuai. Tahap desain dilakukan dengan merancang trainer kit, baik dari sisi mekanik maupun elektrik, meliputi penentuan komponen, wiring diagram, dan prinsip kerja alat. Selanjutnya, pada tahap pengembangan, peneliti merakit trainer kit sesuai dengan desain yang telah dibuat dengan memanfaatkan komponen yang ada di laboratorium. Pada tahap implementasi, dilakukan validasi produk oleh ahli media dan ahli materi serta uji coba penggunaan trainer kepada mahasiswa. Tahap terakhir adalah evaluasi, yaitu pengujian kinerja komponen seperti kontaktor, timer, *thermal overload relay*, motor induksi, dan rangkaian keseluruhan, serta uji kelayakan trainer kit melalui validasi dan masukan untuk meningkatkan kualitas produk.

4.1.1 Proses Pembuatan Trainer Penghasutan Motor Induksi 3 Phase

Pada tahapan ini terbagi menjadi 2 bagian, yaitu mekanik dan elektrik. Berikut adalah hasil proses pembuatan trainer penghasutan motor induksi 3 phase.

1. Mekanik

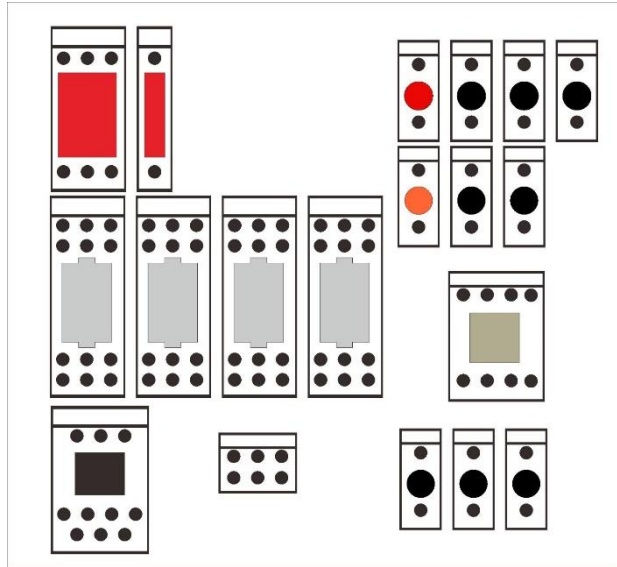
Berdasarkan rancangan mekanik pada gambar 22, langkah berikutnya yaitu menyiapkan semua komponen yang dibutuhkan. Setelah komponen utama terpenuhi, dilakukan percobaan posisi sekaligus pengukuran ukuran panjang, lebar, dan tinggi masing-masing komponen.



Gambar 26. Pengukuran fisik setiap komponen

Pada gambar 26, pengukuran dimulai dari MCB 3 phase dan MCB 1 Phase yang akan digunakan. Pada MCB hanya dilakukan pengukuran diameter, panjang, dan lebar pada saat penempatan. Setelah MCB selesai diukur, selanjutnya pengukuran 4 buah *Push Button* yang diletakkan dikiri dan yang diukur hanya panjang dan lebar, selanjutnya dibawah 4 *Push Button* diletakkan 4 buah LED dan yang diukur panjang dan lebar serta menyesuaikan dengan 4 *Push Button* sebelumnya. Selanjutnya dibawah ada memakai 4 kontaktor yang diukur diameter, panjang, dan lebar. Lalu pada bagian samping kontaktor ada *Time Delay Relay* (TDR) yang diukur diameter, panjang dan lebarnya. Selanjutnya dibawah 4 kontaktor dan *Time Delay Relay* ada *thermal overload relay* (TOR), *Terminal Block*, dan 4 LED yang diukur panjang dan lebar masing-masing komponen dan menyesuaikan sisa penempatan yang tersedia.

Sesudah proses pengukuran selesai dilakukan, langkah berikutnya yaitu mencetak sketsa hasil rancangan sesuai dengan data ukuran yang telah diperoleh sebelumnya. Ilustrasi kegiatan percobaan penempatan komponen pada sketsa ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 27. Desain akrilik sebagai tempat komponen

Pada gambar 27 mendesain akrilik sebagai tempat komponen-komponen yang akan digunakan dan sketsa yang ada digambar 26 akan dijadikan acuan penempatan masing-masing komponen di akrilik dengan ketebalan 5mm.



Gambar 28. Penempatan akrilik di cover box yang sudah dipotong

Pada gambar 28 adalah percobaan penempatan akrilik ke dalam box untuk memastikan bahwa akrilik nya sesuai di *cover box* yang akan digunakan.



Gambar 29. penempatan komponen-komponen

Pada gambar 29 adalah menempatkan komponen-komponen yang akan digunakan di akrilik dan *cover box*, seperti MCB 3 phase, MCB 1 phase, 4 kontaktaktor, 2 push button NO, 2 push button NC, 6 LED 2 untuk merah, 2 untuk hijau, 2 untuk kuning, 1 *Thermal Overload Relay* (TOR), 1 *Time Delay Relay*, dan 6 buah lobang terminal sebagai lobang tambah.

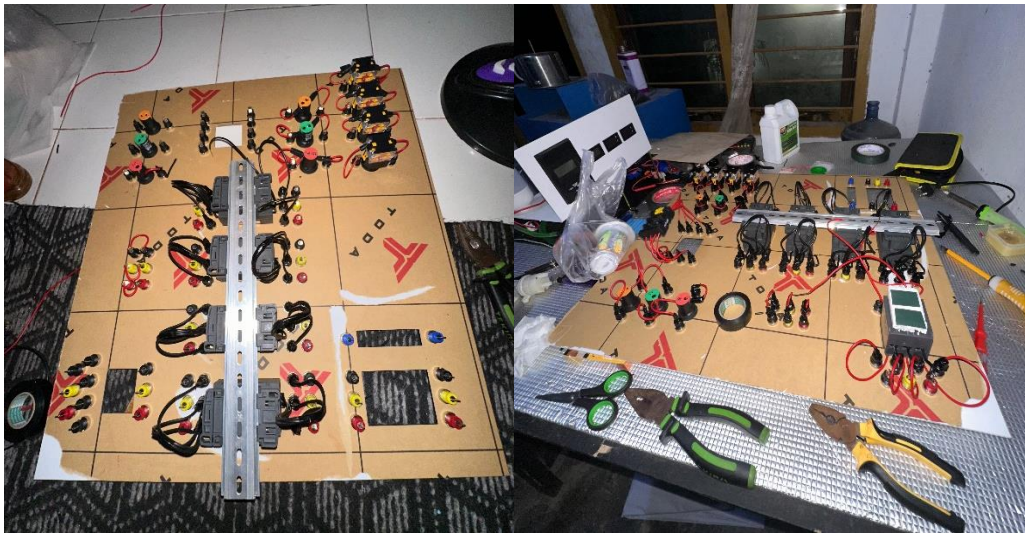


Gambar 30. penyelesaian penempatan komponen

Tahap penyelesaian mekanik trainer kit motor induksi 3 phase ini ditunjukkan pada Gambar 30, dimana semua komponen serta garis pembatas telah dipasang dan pekerjaan kemudian dilanjutkan pada tahap instalasi elektrik.

2. Elektrik

Setelah tahap implementasi mekanik selesai, proses dilanjutkan ke implementasi elektrik. Pada tahap ini, seluruh rangkaian komponen disambungkan ke jack banana female sesuai dengan skema rangkaian. Penyambungan dilakukan menggunakan kabel tunggal berukuran 0,75 mm dan kabel serabut berukuran 1,5 mm. Setiap kabel komponen dihubungkan ke *jack banana female* yang telah ditentukan. Berikut ditampilkan salah satu proses pemasangan komponen beserta tahap-tahapannya.



Gambar 31. Penyambungan kabel ke komponen dan jack banana female

Kabel disambungkan ke berbagai komponen seperti kontaktor, MCB, *push button*, LED, *Time Delay Relay*, *Thermal Overload Relay*, serta terminal blok, kemudian disambungkan dengan *jack banana female* yang terpasang pada media akrilik sebagai penghubung, setelah semua kabel terhubung kita kasih lakban sebagai cover dan pelindung sambungan kabelnya agar aman dan tidak terjadi short (hubung singkat).

4.1.2 Pengujian Trainer

Setelah proses perancangan mekanik dan elektrik diselesaikan, langkah selanjutnya yaitu tahap pengujian trainer motor induksi 3 phase. Pengujian dilakukan sebagai upaya bahwa setiap komponen pada trainer motor induksi 3 phase berfungsi sesuai desain yang telah direncanakan. Komponen yang diuji mencakup kontaktor, *Time Delay Relay* (TDR), *Thermal Overload Relay* (TOR), motor induksi 3 phase dan pengujian rangkaian keseluruhannya. Rangkuman hasil pengujian disajikan pada tabel berikut.

1. Pengujian kontaktor

Pengujian awal dilakukan pada kontaktor untuk memastikan kinerja koil serta kontak utamanya. Berikut tabel pengujiannya:

Tabel 8. Pengujian Kontaktor

Kondisi	Push botton	Koil kontaktor	Kontak NO	Kontak NC	Beban motor
Standby (belum start)	0	0	0	1	0
Saat start ditekan (tanpa beban)	1	1	1	0	1
Saat start ditekan (dengan beban)	1	1	1	0	1
Saat stop ditekan	0	0	0	1	0

Pada kondisi *standby* atau sebelum tombol start ditekan, *push button*, koil kontaktor, dan kontak NO berada dalam kondisi mati (0), sedangkan kontak NC dalam kondisi aktif (1) dan beban motor tidak bekerja (0). Ketika tombol start ditekan, baik dalam kondisi beban maupun tidak berbeban, *push button* dan koil kontaktor aktif (1), kontak NO juga aktif (1) sementara kontak NC mati (0), menyebabkan beban motor bekerja (1). Saat tombol stop ditekan, semua komponen kembali ke keadaan mati kecuali kontak NC yang aktif (1) dan beban motor berhenti (0).

2. Pengujian Time Delay Relay (TDR)

Pengujian berikutnya dilakukan pada timer dengan waktu tunda lima detik, dan hasilnya kontak timer berpindah sesuai pengaturan. Berikut tabel pengujiannya:

Tabel 9. Pengujian Time Delay Relay (TDR)

kondisi	Push botton	Koil timer	Kontak awal NO	Kontak akhir NC	keterangan
<i>Standby</i> (belum start)	0	0	0	1	Timer tidak aktif

Saat <i>start</i> ditekan	1	1	0	1	Timer mulai menghitung waktu
Setelah <i>delay</i> (5 detik)	1	1	1	0	Kontak berpindah sesuai set waktu

Pada kondisi *standby* sebelum tombol start ditekan, push button, koil timer, dan kontak awal NO dalam kondisi mati (0), sedangkan kontak akhir NC aktif (1), menandakan timer tidak aktif. Ketika tombol start ditekan, *push button* dan koil timer aktif (1), kontak awal NO mati (0), dan kontak akhir NC tetap aktif (1), yang menunjukkan timer mulai menghitung waktu. Setelah delay selama 5 detik, *push button* dan koil timer tetap aktif (1), kontak awal NO menjadi aktif (1) dan kontak akhir NC mati (0), menandakan kontak berangkat sesuai dengan waktu delay yang telah diset.

3. Pengujian *Thermal Overload Relay* (TOR)

Untuk TOR, pengujian dilakukan dengan mensimulasikan kondisi beban berlebih, dan terbukti TOR mampu memutus aliran listrik ke motor sehingga motor berhenti bekerja. Berikut tabel pengujiannya:

Tabel 10. Pengujian *Thermal Overload Relay* (TOR)

Kondisi	Arus normal	Kontak NO	Kontak NC	Motor
Normal (beban sesuai)	1	1	0	1
Overload (beban berlebih)	1	0	1	0
Reset setelah trip	0	0	1	0

Pada kondisi arus normal dengan beban sesuai, kontak NO berada dalam kondisi aktif (1) dan kontak NC mati (0), sehingga motor beroperasi normal (1). Pada kondisi kelebihan beban atau beban berlebih, kontak NO mati (0) dan kontak NC menjadi aktif (1), yang menyebabkan motor berhenti (0) sebagai tindakan proteksi. Setelah reset dilakukan setelah trip, *push button* dan koil kembali mati (0), kontak NC tetap aktif (1), dan motor tetap tidak beroperasi (0).

4. Pengujian Motor Induksi 3 Phase

Sedangkan pada motor induksi tiga fasa, pengujian dilakukan menggunakan kondisi dengan beban, dan tanpa beban. Berikut tabel pengujiannya:

Tabel 11. Pengujian Motor Induksi 3 Phase

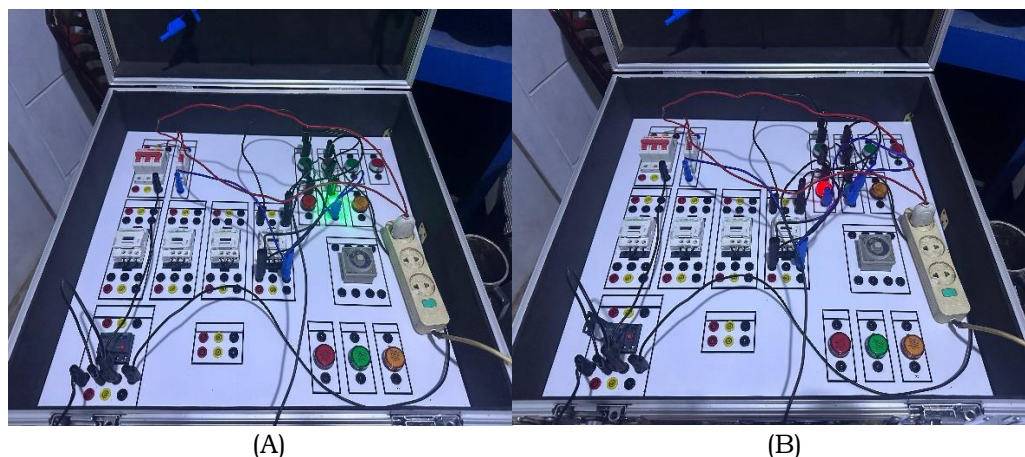
kondisi	Sumber tegangan	Kontaktor	Motor berputar	Keterangan
standby	0	0	0	Motor mati
Start tanpa beban	1	1	1	Motor berputar normal
Start dengan beban	1	1	1	Motor berputar dengan arus lebih besar
Overload	1	0	0	Motor berhenti

Dalam kontak kondisi standby, sumber tegangan, kontaktor mati (0), sehingga motor tidak berputar (0). Saat kontak start tanpa beban, sumber tegangan dan kontaktor aktif (1), dan motor berputar normal (1). Ketika start dengan beban, sumber tegangan, kontaktor, dan motor tetap aktif (1), tetapi motor bekerja dengan arus yang lebih besar untuk mengatasi beban. Pada kondisi kelebihan beban, sumber tegangan aktif (1) tetapi kontaktor dan motor mati (0), yang menyebabkan motor berhenti berputar sebagai mekanisme perlindungan.

5. Pengujian Rangkaian Keseluruhannya

Pengujian rangkaian dilakukan untuk memastikan bahwa setiap metode kontrol dan pengasutan motor induksi tiga fasa pada trainer dapat berfungsi sesuai perancangan. Pengujian ini mencakup rangkaian Direct On Line (DOL), Star-Delta, *Forward-Reverse*, serta rangkaian empat motor induksi tiga fasa yang bekerja secara bergantian. Uraian hasil pengujian dan langkah-langkahnya dijelaskan pada paragraf dan tabel berikut.

A. Pengujian Rangkaian *Direct On Line* (DOL)



Gambar 32. Pengujian Rangkaian DOL

Keterangan :

(A) : Tombol start ditekan, koil kontaktor aktif, dan LED hijau menyala

(B) : *Thermal Overload Relay* membaca arus lebih lalu memutuskan rangkaian, motor mati, dan LED merah menyala

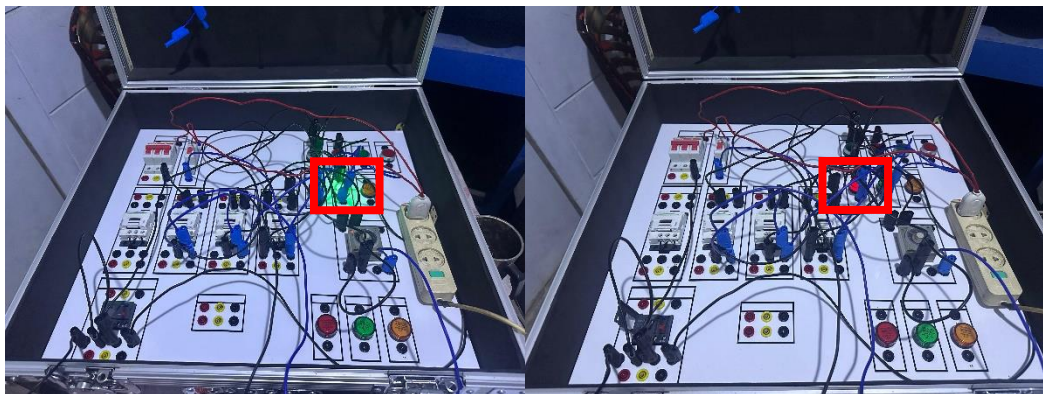
Pengujian DOL bertujuan untuk memastikan motor induksi tiga fasa dapat beroperasi langsung dari sumber tegangan melalui kontaktor utama serta terlindungi oleh TOR atau MCB. Pengujian meliputi fungsi tombol start dan stop, kerja koil serta kontak utama kontaktor, respon perlindungan beban lebih, serta kestabilan putaran motor. Hasil yang diharapkan adalah motor dapat hidup saat tombol start ditekan, berhenti ketika tombol stop ditekan, dan terputus otomatis jika TOR trip.

Tabel 12. Pengujian Rangkaian Direct On Line

No	Item Uji	Langkah Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian
1	Start/Stop	Tekan tombol Start dan Stop	Motor hidup saat Start, mati saat Stop	Saat Start ditekan motor langsung hidup; saat Stop ditekan motor mati
2	Kontaktor	Amati koil/kontak dan indikator	Kontak utama menutup, indikator menyala	Koil aktif saat Start; kontak utama menutup;

				lampu indikator ON
3	TOR/ MCB	Simulasikan kondisi trip	Motor berhenti, perlu reset	Saat disimulasikan beban lebih, proteksi trip dan memutus motor
4	Motor Induksi	Amati arah putaran dan kestabilan	Motor berputar normal tanpa getaran abnormal	Arah putaran benar; suara normal; tidak ada getaran abnormal

B. Pengujian rangkaian Star-Delta



(A)

(B)

Gambar 33. Pengujian Rangkain Start-Delta

Keterangan :

(A) : Tombol start ditekan LED hijau menyala dan motor menyala dari Star lalu sesuai setting waktu berpindah ke Delta

(B) : *Thermal overload relay* membaca arus lebih lalu memutuskan rangkaian, motor mati, dan LED merah menyala

Pengujian rangkaian Star-Delta bertujuan memastikan motor dapat beroperasi dengan arus awal yang lebih rendah pada mode star dan berpindah ke mode delta sesuai setting waktu pada timer. Aspek yang diuji meliputi kerja kontaktor utama (KM1), kontaktor star (KM2), kontaktor delta (KM3), fungsi timer, interlock untuk mencegah kontaktor aktif bersamaan, serta kestabilan motor. Hasil yang diharapkan adalah motor mulai berputar pada mode star, lalu

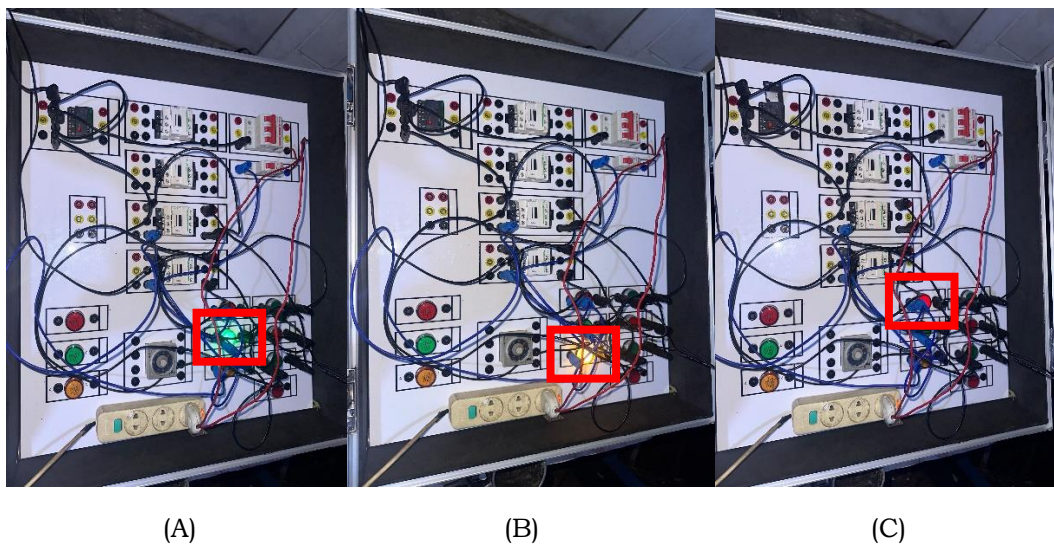
berpindah ke mode delta setelah waktu tunda, tanpa ada gangguan atau aktif bersamaan.

Tabel 13. Pengujian Rangkaian Star-Delta

No	Item Uji	Langkah Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian
1	Start/Stop	Tekan tombol Start dan Stop	Motor mulai di star, berhenti saat Stop	Start: motor jalan pada mode Star; Stop: seluruh kontaktor lepas, motor berhenti
2	Timer	Set waktu tunda, amati perpindahan	Motor berpindah star ke delta sesuai setting	Kontak timer berpindah dari Star ke Delta sesuai setpoint; perpindahan mulus
3	KM1/KM2/KM3	Observasi status kontaktor	Tidak ada KM2 dan KM3 aktif bersamaan	KM2 (Star) aktif hanya pada fase awal; setelah tunda KM2 lepas dan KM3 (Delta) aktif
4	Interlock	Coba aktifkan bersamaan	Interlock mencegah aktif bersamaan	Tidak terjadi aktif-bersamaan KM2–KM3; interlock bekerja
5	TOR	Simulasikan kondisi trip	Motor berhenti dan indikator trip menyala	Saat simulasi overload, motor terputus; indikator trip

				aktif; reset berfungsi
6	Arah/kehalusan arah/suara/getaran	Amati	Arah benar, suara normal, getaran wajar (tidak abnormal)	Arah putaran benar; saat Delta stabil, tidak ada suara/getaran tidak wajar

C. Pengujian rangkaian Forward Reverse



Gambar 34. Pengujian Rangkaian Forward Reverse

Keterangan :

(A) : Tombol start 1 ditekan motor berputar kekanan, dan LED hijau menyala

(B) : Tombol start 2 ditekan motor berputar kekiri, dan LED kuning menyala

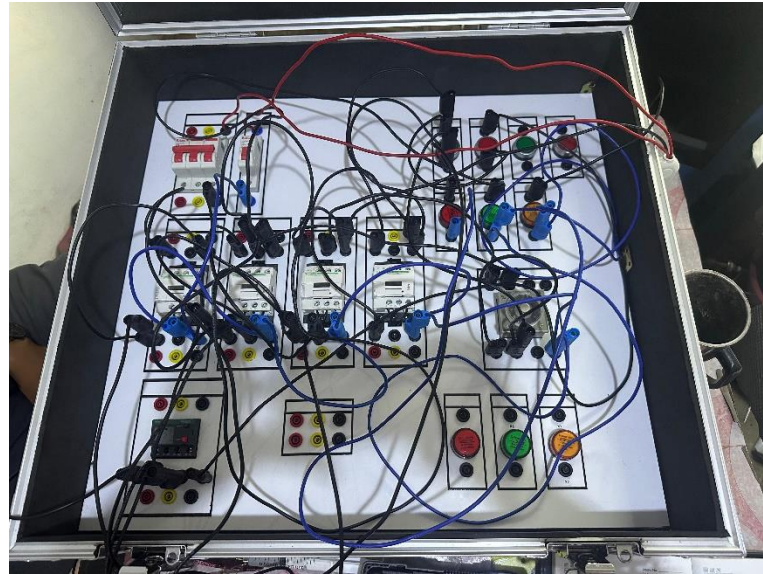
(C) : *Thermal Overload Relay* membaca arus lebih lalu memutuskan rangkaian, motor mati, dan LED merah menyala

Pengujian rangkaian *Forward-Reverse* dilakukan untuk memastikan motor dapat berputar searah maupun arah sesuai perintah. Komponen yang diuji meliputi tombol *forward*, *reverse*, stop, kontaktor maju (KMF), kontaktor mundur (KMR), serta interlock. Hasil yang diharapkan adalah motor berputar maju saat tombol *forward* ditekan, berhenti saat tombol stop ditekan, dan berputar mundur saat tombol *reverse* ditekan setelah berhenti. Interlock harus berfungsi agar kontaktor tidak aktif bersamaan.

Tabel 14. Pengujian Rangkaian Forward Reverse

No	Item Uji	Langkah Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian
1	Forward	Tekan tombol Forward	Motor berputar maju, indikator menyala	Tombol Forward mengaktifkan KMF; motor berputar maju; indikator Forward ON
2	Stop	Tekan tombol Stop	Motor berhenti, kontaktor lepas	Tombol Stop memutus rangkaian; motor berhenti; kontaktor lepas
3	Reverse	Tekan tombol Reverse	Motor berputar mundur, indikator menyala	Setelah berhenti, tombol Reverse mengaktifkan KMR; motor berputar berlawanan arah
4	Interlock	Coba aktifkan bersamaan	Interlock mencegah kontaktor aktif bersamaan	KMF dan KMR tidak pernah aktif bersamaan; interlock mencegah hubung singkat
5	TOR	Simulasikan kondisi trip	Motor berhenti, reset diperlukan	Saat kondisi beban lebih, TOR trip dan motor berhenti; reset berjalan normal
6	Arah/Kehalusan	Observasi suara & getaran	Arah sesuai pilihan; tidak ada suara/getaran abnormal	Arah sesuai pilihan; operasi halus tanpa getaran/ bunyi berlebih

D. Pengujian rangkaian motor bergantian



Gambar 35. Pengujian Rangkaian Bergantian

Pengujian rangkaian motor bergantian bertujuan untuk memastikan bahwa setiap motor dapat beroperasi secara bergiliran sesuai urutan yang telah ditentukan. Pengujian meliputi urutan nyala motor, durasi kerja masing-masing motor sesuai setpoint timer, interlock agar tidak ada motor menyala bersamaan, serta respon stop dan reset. Hasil yang diharapkan adalah motor bekerja bergantian sesuai urutan kontrol dengan durasi yang tepat tanpa terjadi gangguan.

Tabel 15. Pengujian Rangkaian Bergantian

N o	Item Uji	Langkah Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian
1	Urutan Operasi	Amati nyala motor M1→M2→M3→ M4	Motor menyala sesuai urutan	Ketiga motor menyala bergiliran sesuai urutan kontrol; tidak ada motor yang terlewat/duplikasi
2	Durasi Motor	Set timer, amati durasi tiap motor	Durasi sesuai setting timer	Waktu aktif tiap motor sesuai setpoint (konsisten antar-siklus)
3	Single Active	Observasi saat transisi	Hanya satu motor aktif setiap waktu	Pada setiap saat hanya satu motor yang aktif; tidak ada overlap aktivasi
4	Stop/Reset	Tekan tombol Stop dan Reset	Siklus berhenti,	Stop menghentikan siklus; setelah Reset dan

		reset ulang sebelum lanjut	Start, urutan berjalan kembali sesuai logika yang ditetapkan
5	Trip TOR	Simulasikan trip salah satu motor Motor terkait berhenti, sistem tetap aman	Jika salah satu kanal trip, motor terkait berhenti; sistem tetap aman dan dapat melanjutkan/menangan i sesuai desain

4.1.3 Pengujian Tegangan Dan Arus Trainer Kit

Untuk memastikan bahwa trainer kit penghasutan motor induksi 3 fasa bekerja sesuai rancangan, maka dilakukan serangkaian pengujian baik pada komponen maupun rangkaian keseluruhan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah setiap bagian dapat berfungsi sebagaimana mestinya, mulai dari sumber tegangan, arus pada motor, sistem proteksi, hingga variasi metode pengasutan.



Gambar 36. Pengujian Arus dan Tegangan

Pengukuran dilakukan menggunakan multimeter digital dan tang ampere untuk mengetahui nilai tegangan dan arus yang mengalir pada saat kondisi start, running, maupun saat perpindahan rangkaian (misalnya dari mode star ke delta). Selain itu, uji coba proteksi dilakukan dengan memberikan simulasi beban berlebih (overload) dan hubung singkat untuk memastikan fungsi *thermal overload relay* (TOR) dan MCB berjalan dengan baik.

Hasil pengujian dirangkum dalam beberapa tabel berikut yang meliputi:

1. Pengujian tegangan sumber

No	Titik Ukur	Tegangan Terukur (V)	Standar (V)	Keterangan
1	Fasa R – N	226,9	220	Sesuai
2	Fasa S – N	223,3	220	Sesuai
3	Fasa T – N	226,5	220	Sesuai
4	R – S	393,3	380	Sesuai
5	S – T	392,4	380	Sesuai
6	T – R	399,5	380	Sesuai

2. Pengujian arus motor pada Direct On Line (DOL)

No	Kondisi Uji	Arus R (A)	Arus S (A)	Arus T (A)	Kecepatan (RPM)	Beban/torsi (N.m)
1	Start (tanpa beban)	0.60	0.57	0.50	1.500	0
2	Running (tanpa beban)	0.24	0.21	0.23	1.500	0
3	Running (dengan beban)	0.43	0.42	0.41	1.262	1.05

3. Pengujian arus motor pada Star-Delta

No	Kondisi Uji	Arus R (A)	Arus S (A)	Arus T (A)	Keterangan
1	Start mode Star	0.23	0.21	0.22	Sesuai
2	Perpindahan ke Delta	0.43	0.24	0.20	Sesuai
3	Running mode Delta	0.42	1.21	1.18	Sesuai

4. Pengujian rangkain Forward Reverse

a. Tanpa beban

No	Kondisi Uji	Arus Motor (A)	Kecepatan (RPM)	Tegangan (V)	Putaran Motor
1	Forward	R = 0,23 S = 0,20 T = 0,21	1.500 RPM	R-S = 389.3 S-T = 389.6 T-R = 399.0	Searah jarum jam

2	Reverse	R = 0,23 S = 0,20 T = 0,22	1.500 RPM	R-S = 398.6 S-T = 388.7 T-R = 388.0	Berlawanan jarum jam
---	---------	----------------------------------	-----------	---	-------------------------

b. ada beban

No	Kondisi Uji	Beban /Torsi (N.m)	Kecepatan (RPM)	Arus Motor (A)	Tegangan (V)	Putaran Motor
1	Forward	1.05 T	1.200 RPM	R = 0,47 S = 0,43 T = 0,46	R-S = 388.8 S-T = 389.5 T-R = 399.7	Searah jarum jam
2	Reverse	1.05 T	1.174 RPM	R = 0,47 S = 0,50 T = 0,46	R-S = 387.5 S-T = 388.4 T-R = 395.7	Berlawanan jarum jam

5. Pengujian rangkaian bergantian

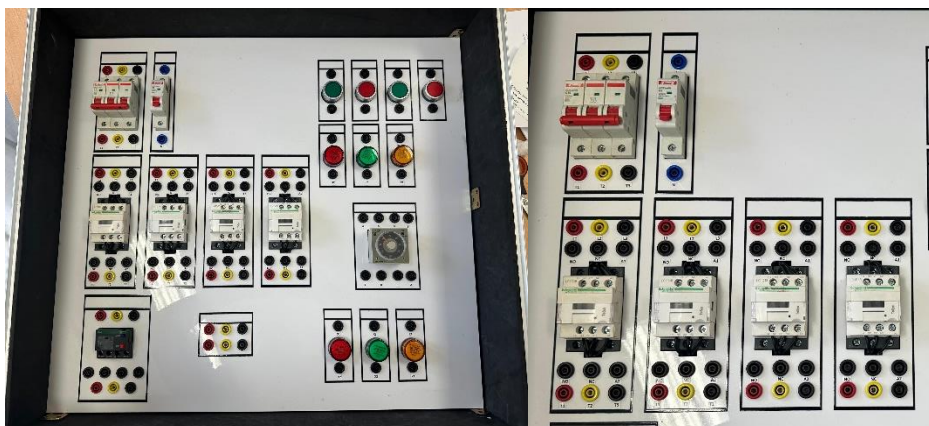
No	Kondisi Uji	Motor 1	Motor 2	Motor 3	Motor 4
1	Start awal (tombol ditekan)	ON	ON	OFF	OFF
		Arus	Arus	Arus	Arus
		R = 0.29 S = 0.26 T = 0.26	R = 0.31 S = 0.30 T = 0.29	R = 0 S = 0 T = 0	R = 0 S = 0 T = 0
2	Setelah interval timer	ON	OFF	ON	ON
		Arus	Arus	Arus	Arus
		R = 0.27 S = 0.28 T = 0.25	R = 0 S = 0 T = 0	R = 0.25 S = 0.24 T = 0.23	R = 0.26 S = 0.25 T = 0.29

6. Pengujian proteksi

No	Komponen	Kondisi Uji	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian
1	TOR	Motor diberi beban lebih	Trip, motor mati	Sesuai
2	MCB 3 phasa	Simulasi hubung singkat	Trip otomatis	Sesuai

4.1.4 Validasi Ahli Media

Pada tahapan ini dilakukan validasi terhadap trainer motor induksi 3 phase oleh ahli media, yaitu Bapak Ir. Abdul Manab, ST., M.T., dosen Teknik Elektro Universitas Jambi. Sebelum validasi dilaksanakan, validator memberikan sejumlah masukan dan saran yang menjadi acuan dalam perbaikan selama tahap pengembangan. Saran yang diberikan validator terhadap trainer meliputi penambahan penyangga agar lebih kokoh serta pemberian label pada setiap komponen dan kontak bantuannya untuk memudahkan pengguna dalam mengoperasikan trainer. Pemasangan label yang jelas akan membantu memberikan informasi detail mengenai posisi masing-masing komponen. Setelah itu, dilakukan perbaikan sesuai dengan masukan tersebut. Berikut ditampilkan gambar hasil perbaikan mekanik pada trainer penghasutan motor induksi 3 phase.



Gambar 37. Pemberian Label Pada Setiap Komponen

Setelah melakukan perbaikan berdasarkan saran validator, selanjutnya trainer PLTS akan dilakukan uji validasi media. Adapun hasil validasi media sebagai berikut:

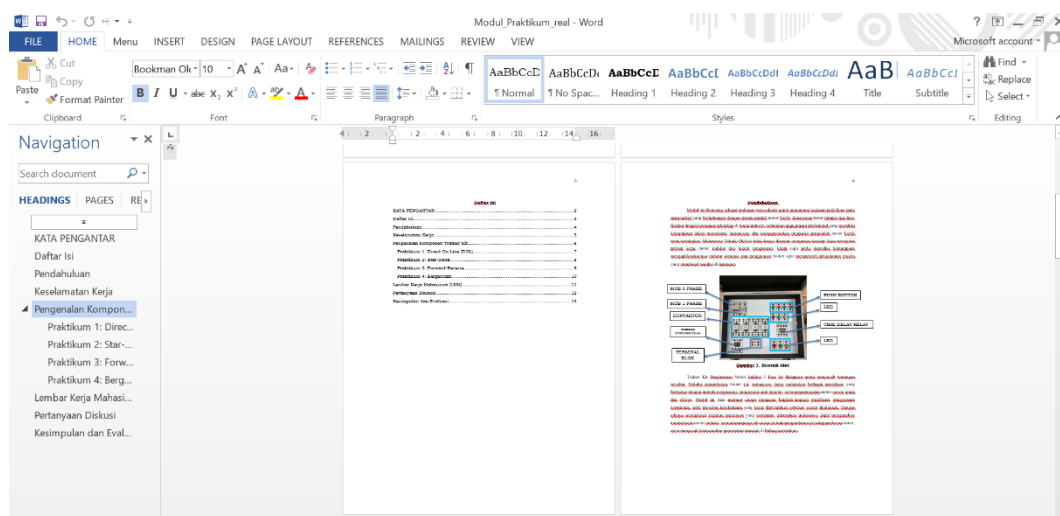
Tabel 16. Hasil Validasi Ahli Media

Aspek penilaian	Skor validator	Skor maksimal	Presentase	Kualifikasi
Kriteria fisik	26	28	93%	Sangat baik
Tampilan	22	24	92%	Sangat baik
Rata-rata	48	52	92%	Sangat baik

Berdasarkan tabel di atas, hasil validasi dari ahli media memperoleh skor 48 dari total 52. Pada aspek kriteria fisik, diperoleh skor 26 dengan persentase 93% dan kualifikasi sangat baik. Aspek tampilan mendapatkan skor 22 dari 24,

4.2 Proses Pembuatan Petunjuk Pengoperasian Trainer

Dalam tahap pengembangan, penyusunan petunjuk dilakukan dengan mengikuti model ADDIE. Tahap pertama adalah analisis, di mana peneliti melakukan survei untuk mengetahui kebutuhan trainer sebagai media pembelajaran. Berdasarkan hasil analisis tersebut, diputuskan untuk membuat petunjuk yang dapat mempermudah proses penggunaan trainer pengasutan motor induksi 3 fasa. Tahap berikutnya adalah desain, pada tahap ini peneliti memanfaatkan aplikasi Microsoft Word dalam menyusun petunjuk penggunaan.



Gambar 38. Petunjuk Pengoperasian Trainer

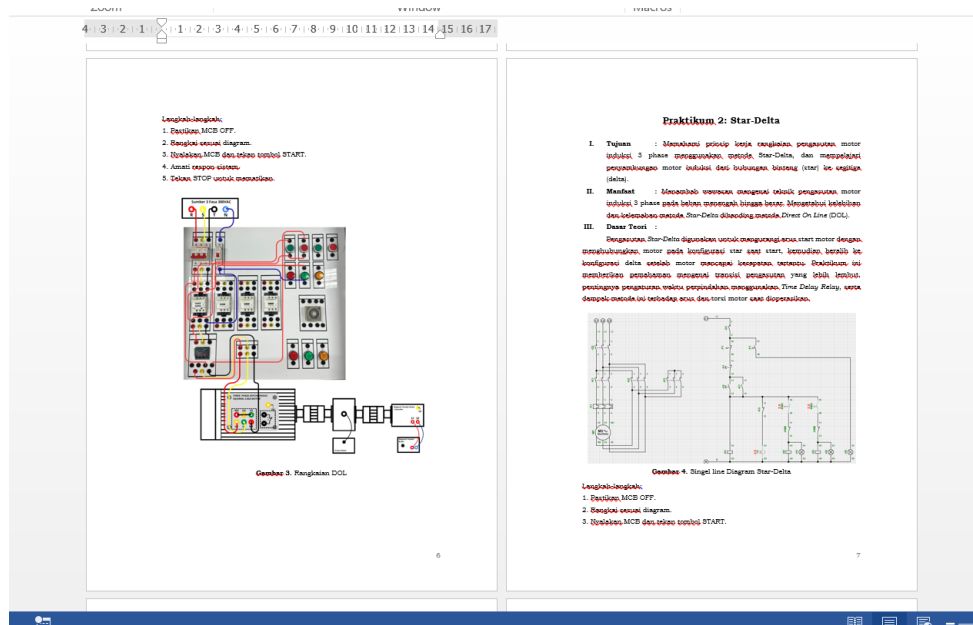
Setelah proses perancangan selesai, kegiatan dilanjutkan ke tahap pengembangan yang dilakukan dengan bimbingan dosen pembimbing skripsi. Pada tahap ini, petunjuk praktikum yang telah disusun akan divalidasi oleh ahli materi. Hasil validasi tersebut kemudian menjadi dasar untuk melanjutkan ke tahap implementasi, yaitu dengan mencetak petunjuk pengoperasian trainer dan menggunakannya sebagai media penyampaian materi kepada responden dalam penelitian. Sesudah implementasi dilaksanakan, langkah berikutnya adalah tahap evaluasi, yakni meninjau kembali saran dan masukan dari ahli materi serta mengelola tanggapan responden selama menggunakan petunjuk pengoperasian trainer.

4.2.1 Validasi Ahli Materi

Trainer penghasutan motor induksi 3 phase yang telah dibuat akan membutuhkan petunjuk penggunaan untuk memudahkan pemahaman terhadap trainer ini, hasil pembuatan petunjuk ini akan dilakukan validasi oleh ahli materi

yaitu bapak Dasrinal Tessel, S.T., M.T., adapun bapak Dasrinal Tessel merupakan dosen Teknik Elektro Universitas Jambi. Sebelum melakukan uji validasi bersama ahli materi, petunjuk di berikan saran perbaikan oleh validator.

Sebelum melakukan uji validasi bersama ahli materi, petunjuk di berikan saran perbaikan oleh validator. Adapun saran yang diberikan adalah penambahan landasan teori mengenai fungsi setiap komponen serta membuat desain gambar skema kabel pada setiap rangkaian yang akan digunakan. Selanjutnya validator memberikan saran mengenai bahasan penulisan yang mudah dikenal agar dapat mempermudah dalam pemahaman materi oleh para praktikan.



Gambar 39. Revisi Petunjuk Pengoperasian Trainer

Setelah dilakukan perbaikan, tahap selanjutnya adalah uji validasi bersama ahli materi. Berikut adalah hasil validasi ahli materi :

Tabel 17. Hasil Validasi Ahli Materi

Aspek penilaian	Skor validator	Skor maksimal	Presentase	Kualifikasi
Penyajian materi	16	16	100%	Sangat baik
Kebahasaan	10	12	83%	Sangat baik
Kelengkapan penyajian	15	16	93%	Sangat baik
Rata-rata	41	44	93%	Sangat baik

Berdasarkan hasil uji validasi oleh Dasrinal Tessel, S.T., M.T., terdapat tiga aspek penilaian, yaitu penyajian materi, kebahasaan, dan kelengkapan

penyajian. Pada aspek penyajian materi diperoleh skor 16 dari 16, yang menilai kesesuaian judul dan materi dengan indikator serta tujuan pembelajaran dalam kurikulum. Aspek kebahasaan, yang menilai ketepatan penggunaan bahasa, struktur kalimat, dan tanda baca, memperoleh skor 10 dari 12 dengan persentase 83% dan kualifikasi sangat baik. Sementara itu, aspek kelengkapan penyajian yang mencakup kemenarikan, ketepatan penggunaan komponen, serta efektivitas trainer dalam meningkatkan pemahaman mahasiswa, mendapat skor 15 dari 16 dengan kualifikasi sangat baik. Secara keseluruhan, dari ketiga aspek tersebut diperoleh skor rata-rata 41 dari 44, dengan persentase akhir 93% yang dikategorikan sangat baik.

4.2.2 Pengujian Petunjuk Pengoperasian Trainer

Sebelum melakukan pengambilan data, peneliti meminta izin kepada ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Jambi yaitu bapak Ir. Abdul Manab, S.T., M.T. bahwa akan melakukan penelitian. Pengambilan data dilakukan di laboratorium elektronika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi dengan jumlah sampel 20 orang mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Universitas Jambi angkatan 2023.

Kemudian mahasiswa responden akan diinstruksikan untuk mengisi formulir biodata untuk kesediaan menjadi responden penelitian. Pada pengambilan data tersebut akan menggunakan metode pre-test dan post test untuk melihat sejauh mana pengetahuan responden terhadap penghasutan motor induksi 3 phase, Setelah itu responden diminta mengisi kuesioner pengetahuan awal yang dapat dilihat pada lampiran 1, data diperoleh akan dikelola menggunakan excel. Hasil kuesioner pengetahuan awal dapat dilihat pada lampiran 4. Setelah pengisian kuesioner awal, responden akan mendapatkan materi singkat pengenalan komponen dasar trainer kit penghasutan motor induksi 3 phase serta instalasi rangkaian penghasutan motor induksi 3 phase dengan melakukan pengujian rangkaian.



Gambar 40. penyampaian materi mengenai motor induksi 3 phase

Sebelum melakukan simulasi menggunakan trainer motor induksi 3 phase, peneliti akan memberikan materi dasar mengenai jenis-jenis motor listrik secara umum dan menjelaskan perbedaan diantara jenis-jenis motor listrik. Pada penyampaian materi bagian motor listrik, peneliti hanya berfokus menyampaikan jenis motor listrik motor induksi 3 phase. setelah penyampaian mengenai jenis motor listrik, peneliti menyampaikan materi mengenai komponen-komponen motor induksi 3 phase serta memberikan beberapa materi perhitungan.



Gambar 41. penjelasan mengenai komponen

Setelah memberikan penjelasan mengenai jenis dan komponen trainer, peneliti memberikan materi mengenai perhitungan proses perencanaan pembuatan trainer penghasutan motor induksi 3 phase. Pada sesi ini peneliti menjelaskan bagaimana menentukan jumlah komponen dan apa saja komponen yang perlu digunakan untuk penghasutan atau merangkai motor induksi 3 phase, kapasitas komponen, dan komponen lainnya. Setelah penjelasan materi secara umum, peneliti mulai memberikan penjelasan mengenai trainer kit dan langsung melaksanakan pengujian rangkaian bersama responden.



Gambar 42. proses pengujian Rangkaian

Setelah menyampaikan teori terkait pengujian trainer melalui buku panduan, peneliti mengarahkan responden untuk melakukan pengujian secara mandiri dengan menjadikan buku panduan sebagai acuan dalam setiap tahapannya. Proses pengujian dibagi menjadi tiga sesi, di mana setiap sesi terdiri atas dua kelompok. Masing-masing kelompok memperoleh kesempatan dan alokasi waktu untuk melakukan pengujian menggunakan trainer. Pembagian sesi dan waktu ini dilakukan karena jumlah trainer yang tersedia terbatas. Selama pengujian berlangsung, peneliti tetap melakukan pengawasan serta memberikan bimbingan kepada responden, khususnya terkait fungsi pemasangan kabel jumper pada setiap bagian rangkaian.

Selain itu, pelaksanaan pengujian secara bertahap ini juga bertujuan untuk memastikan bahwa setiap responden memperoleh kesempatan yang sama dalam menggunakan trainer serta memahami fungsi dari setiap komponen yang terlibat. Dengan adanya pembagian kelompok dan jadwal yang teratur, proses pembelajaran menjadi lebih efektif dan terarah. Responden dapat lebih fokus

dalam melakukan pengujian, sementara peneliti dapat memantau jalannya kegiatan dengan lebih optimal. Hal ini juga meminimalisir terjadinya kesalahan dalam perakitan maupun penggunaan kabel jumper, sehingga tujuan praktikum dapat tercapai secara maksimal.



Gambar 43. Proses pengujian dan penjelasan setiap bagian posisi kabel jumper

Setelah melakukan pengujian dan penjelasan sistem penghasutan motor induksi 3 phase dengan menggunakan trainer, tahap selanjutnya peneliti akan memberikan kuisioner pengetahuan akhir kepada responden untuk melihat peningkatan pengetahuan pada mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Universitas Jambi angkatan 2023.

Setelah mendapatkan hasil pengujian trainer penghasutan motor induksi 3 phase sebagai media pembelajaran dengan menggunakan trainer, tahap selanjutnya melakukan pengolahan data pada hasil pre-test dan post test yang telah diberikan untuk melihat peningkatan pengetahuan mahasiswa. Pengolahan data akan dilakukan menggunakan microsoft excel. Data yang diambil adalah hasil analisis kategori pengetahuan awal dan pengetahuan akhir dari 20 responden.

a. Pengetahuan responden

Pada tahap ini, proses pengumpulan data dilakukan dalam dua bagian. Pertama, responden diminta mengisi kuesioner pengetahuan awal yang berfungsi untuk mengetahui sejauh mana pemahaman mereka mengenai materi sistem pengasutan motor induksi 3 phase sebelum pembelajaran. Kedua, responden kembali mengisi kuesioner pengetahuan akhir yang bertujuan untuk menilai

tingkat pengetahuan setelah mengikuti pembelajaran dengan menggunakan trainer pengasutan motor induksi 3 phase, sekaligus membandingkan apakah terdapat peningkatan pemahaman dari sebelumnya.

1. Pengetahuan awal

Pada tahap ini responden akan mengisi beberapa pernyataan mengenai pengetahuan terhadap sistem Penghasutan motor induksi 3 phase. Berikut adalah data hasil rekap pengetahuan awal 20 orang responden.

Tabel 18. Pengetahuan Awal Responden

Kategori pengetahuan	Pengetahuan awal	
	N	%
Tinggi	0	0
Sedang	3	10
Rendah	17	90

Berdasarkan data tabel diatas mengenai pengetahuan awal responden, terdapat 17 orang dengan pengetahuan rendah mengenai sistem penghasutan motor induksi 3 phase. Rata-rata responden memberikan pernyataan tidak mengetahui mengenai komponen pendukung sistem penghasutan motor induksi 3 phase seperti kontaktor, thermal overload relay, *Time Delay Relay* dan lainnya. Responden juga memberikan pernyataan belum mengetahui fungsi dari setiap komponen utama. Adapun data pre-test pengetahuan awal dapat di lihat pada lampiran 4.

2. Pengetahuan akhir

Pada tahapan kedua, responden yang telah mendapatkan penjelasan mengenai sistem penghasutan motor induksi 3 phase akan melanjutkan tahapan pengujian bersama peneliti. Pada tahapan pengujian, responden akan menggunakan trainer penghasutan motor induksi 3 phase dengan memperhatikan buku panduan yang ada serta mendapatkan pengawasan dan arahan dari peneliti. Adapun data hasil pengetahuan akhir responden dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 19. Pengetahuan Akhir responden

Kategori pengetahuan	Pengetahuan akhir	
	N	%
Tinggi	20	100
Sedang	0	0
Rendah	0	0

Berdasarkan pengisian kuesioner pengetahuan akhir, sebanyak 30 responden memberikan pernyataan sudah memahami konsep penggunaan setiap komponen penghasutan motor induksi 3 phase. berdasarkan tabel diatas, 20 responden mengalami peningkatan pengetahuan mengenai sistem penghasutan motor induksi 3 phase. Pada tahap pengolahan data, jumlah skor dari 20 responden sebesar 435 dari total skor maksimal sebesar 450. Dengan jumlah skor 435 mendapatkan persentase rata-rata sebesar 97% dengan kategori pengetahuan responden mengalami peningkatan dari rendah sampai kepada kategori tinggi. Adapun data hasil posttest dapat dilihat pada lampiran 5.

4.3 Hasil Penilaian Responden Sebagai Media Pembelajaran

4.3.1 Penilaian Trainer Oleh Responden

Setelah melakukan pengujian bersama responden menggunakan trainer, setiap responden memberikan penilaian terhadap trainer serta memberikan kesan, pesan, dan saran terhadap trainer penghasutan motor induksi 3 phase. berikut rekap data hasil penilaian terhadap trainer penghasutan motor induksi 3 phase.

Tabel 20. Hasil Penilaian Trainer

Pernyataan	Tidak Setuju	Cukup Setuju	Setuju	Sangat setuju
P1	0	0	1	19
P2	0	0	1	19
P3	0	1	10	9
P4	0	0	3	17
P5	0	0	1	19
P6	0	0	1	19
P7	0	0	0	20

Berdasarkan hasil penilaian responden terhadap trainer bersama 20 responden. pada pernyataan 1 terdapat 19 responden sangat setuju bahwa tanda-tanda pada trainer PLTS mudah dimengerti. Pada pernyataan 2 dengan jumlah 19 responden menyatakan sangat setuju bahwa pemilihan warna connector yang mudah dipahami. Pada pernyataan 3 mengenai kerapian jarak penempatan komponen terdapat 9 responden sangat setuju, 10 responden setuju, dan 1 responden cukup setuju. Pada pernyataan 4 terdapat pernyataan fungsi dari kabel jumper yang mudah digunakan, berdasarkan pernyataan ini terdapat 17 responden sangat setuju dan 3 responden menyatakan setuju dengan pernyataan fungsi kabel jumper pada trainer penghasutan motor induksi 3 phase. Pada

pernyataan 5 terdapat 19 responden yang sangat setuju bahwa penggunaan trainer penghasutan motor induksi 3 phase sangat membantu dalam proses pembelajaran. Pada pernyataan 6 terdapat 19 responden sangat tertarik untuk menggunakan trainer ini. dan pada pernyataan terakhir 20 responden sangat setuju bahwa trainer penghasutan motor induksi 3 phase dapat digunakan dimana saja.

4.3.2 Penilaian Petunjuk Pengoperasian Trainer Oleh Responden

Setelah menggunakan petunjuk pengoperasian trainer dalam proses pengujian, setiap responden akan memberikan penilaian terhadap petunjuk pengoperasian trainer. Responden akan memberikan kesan, pesan dan saran terhadap petunjuk pengoperasian trainer. Berikut rekap data hasil penilaian terhadap trainer penghasutan motor induksi 3 phase.

Tabel 21. Hasil Penilaian Petunjuk Pengoperasian Trainer

Pernyataan	Tidak Setuju	Cukup Setuju	Setuju	Sangat setuju
P1	0	0	2	18
P2	0	0	9	11
P3	0	0	9	11
P4	0	0	12	8
P5	0	2	9	9
P6	0	2	9	9
P7	0	0	0	20

Berdasarkan hasil rekap penilaian terhadap petunjuk pengoperasian trainer bersama 20 responden. Pada pernyataan awal, terdapat 4 pernyataan mengenai materi yang ada pada modul. Pada pernyataan 1 sebanyak 18 responden menyatakan bahwa Bab 1 mengenai rangkaian Direct On Line (DOL) mudah untuk di pahami. Pada pernyataan 2, sebanyak 11 responden menyatakan materi rangkaian Star-Delta mudah untuk dipahami fungsi tujuan dari rangkaian tersebut, lalu pada pernyataan 3 terhadap materi rangkaian Forward Reverse, 11 dari 20 responden menyatakan materi yang disampaikan mudah untuk dipahami, dan untuk pernyataan 4 mengenai materi rangkaian bergantian/kombinasi 8 dari 20 responden menyatakan sangat setuju dan 12 setuju, materi yang disampaikan mudah dimengerti.

Berdasarkan total skor penilaian fungsi penilaian terhadap penggunaan petunjuk trainer sebesar 100 dari skor maksimal 120, dengan persentase 83%. Berdasarkan hasil penilaian ini petunjuk cara penggunaan trainer mendapatkan kualifikasi sangat baik serta mudah dipahami dan dimengerti. Pada pernyataan

5 mengenai bahasa yang digunakan, 9 responden menyatakan sangat setuju dengan bahasa yang digunakan mudah untuk dipahami, dan 9 responden menyatakan cukup setuju bahwa bahasa yang mudah dipahami serta 2 responden memberikan pernyataan setuju, selanjutnya pada pernyataan 6 mengenai bahasa yang digunakan mudah dipahami dan dimengerti mendapatkan 2 responden menyatakan cukup setuju, 9 responden menyatakan setuju, dan 9 responden menyatakan sangat setuju.

4.3.3 Penilaian Penggunaan Trainer Kit

Setelah melakukan pembelajaran menggunakan trainer kit penghasutan motor induksi 3 phase, responden melakukan penilaian terhadap kelayakan trainer PLTS dan petunjuk pengoperasian trainer. Berikut adalah data hasil penilaian:

Tabel 22. Penilaian Responden Terhadap Trainer Kit

Keterangan	Skor Nilai	Jumlah Pernyataan	Total Skor Responden	Total Skor Mkasimum
Sangat setuju	4	122	488	
Setuju	3	17	51	
Cukup setuju	2	1	2	
Tidak setuju	1	0	0	
Rata-Rata			541	560
Presentase			96.61%	
Kriteria			Sangat Layak	

Tabel 23. Penilaian Responden Terhadap Modul Petunjuk

Keterangan	Skor Nilai	Jumlah Pernyataan	Total Skor Responden	Total Skor Mkasimum
Sangat setuju	4	86	344	
Setuju	3	50	150	
Cukup setuju	2	4	8	
Tidak setuju	1	0	0	
Rata-Rata			502	560
Presentase			89.64%	
Kriteria			Sangat Layak	

Berdasarkan data di atas trainer penghasutan motor induksi 3 phase mendapatkan skor penilaian dengan persentase 96,61% kategori sangat layak digunakan dan petunjuk pengoperasian trainer mendapatkan skor penilaian dengan persentase 89,64% kategori sangat layak untuk digunakan.