

Rancang Bangun KIT Praktikum Motor AC 1 Fasa yang Dilengkapi dengan Sistem Pengaman ELCB

Nurut Fais Bahtiar^{1*}, Bayu Wahyudi², Pramesti Kusmaningtyas³

¹⁻³ Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Semarang, Indonesia

*Korespondensi penulis: nurutfaisbahtiar@stikessemarang.ac.id¹

Abstract. Understanding electric motors and transformers is crucial in the field of electrical power engineering education. To enhance practical learning, a trainer was designed for single-phase AC motors, incorporating an Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB) safety system to prevent electric current leakage, which could pose a risk during experiments. The aim of this research is to design and develop a trainer module that serves as both an interactive and safe learning tool for laboratory practicums. The trainer is equipped with a safety circuit, along with controllers such as a voltmeter, ammeter, selector switch, pushbutton, relay, and potentiometer, allowing students to understand and control various electrical parameters. The tool underwent voltage measurements and functional tests at three distinct measurement points to evaluate its performance and safety features. The results demonstrated that the trainer performed effectively, significantly enhancing students' practical understanding of electric power systems and contributing to better hands-on learning experiences in electrical engineering.

Keywords: ELCB; Electric motors; Electrical power engineering; Trainer design; Transformers

Abstrak. Memahami motor listrik dan transformator sangat penting dalam bidang pendidikan teknik tenaga listrik. Untuk meningkatkan pembelajaran praktis, sebuah trainer dirancang untuk motor AC satu fasa, yang menggabungkan sistem pengaman Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB) untuk mencegah kebocoran arus listrik, yang dapat menimbulkan risiko selama eksperimen. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan mengembangkan modul trainer yang berfungsi sebagai alat pembelajaran interaktif dan aman untuk praktikum laboratorium. Trainer dilengkapi dengan rangkaian pengaman, bersama dengan pengontrol seperti voltmeter, amperemeter, sakelar pemilih, tombol tekan, relai, dan potensiometer, yang memungkinkan siswa untuk memahami dan mengendalikan berbagai parameter kelistrikan. Alat tersebut menjalani pengukuran tegangan dan uji fungsional di tiga titik pengukuran yang berbeda untuk mengevaluasi kinerja dan fitur keselamatannya. Hasil menunjukkan bahwa trainer bekerja secara efektif, secara signifikan meningkatkan pemahaman praktis siswa tentang sistem tenaga listrik dan berkontribusi pada pengalaman belajar langsung yang lebih baik dalam teknik elektro.

Kata kunci Desain trainer; ELCB; Motor listrik; Rekayasa tenaga listrik; Transformator

1. LATAR BELAKANG

Media pembelajaran teknik tenaga listrik saat ini sangat bervariasi. Salah satunya yaitu menggunakan alat peraga atau biasa kita sebut alat praktikum (Sugiyono, 2019). Alat peraga yang digunakan juga semakin berkembang pesat selaras dengan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi yang semakin maju (Hughes et al., 2019). Alat peraga dalam pembelajaran teknik tenaga listrik memungkinkan menjadi salah satu alternatif untuk meningkatkan kualitas dalam proses pembelajaran teknik tenaga listrik.

Dalam pelaksanaan pembelajaran praktik, setiap mahasiswa diwajibkan memiliki acuan, agar kegiatan praktiknya dapat berjalan dengan lancar. Salah satunya adalah menggunakan media komponen instrumen terpadu (KIT). Kit praktikum memberikan manfaat yang sangat signifikan baik bagi mahasiswa maupun pengajar dalam proses pembelajaran (Chapman, 2012). Bagi mahasiswa, keberadaan kit ini menjadi jembatan antara teori dan praktik. Materi

yang sebelumnya hanya dipahami secara konseptual di ruang kelas dapat langsung diaplikasikan melalui percobaan atau simulasi nyata. Hal ini tentu sangat membantu dalam memperkuat pemahaman mahasiswa, meningkatkan keterampilan teknis, dan melatih kemampuan problem solving yang sangat dibutuhkan dalam dunia profesional. Selain itu, kit praktikum mendorong mahasiswa untuk lebih aktif belajar, baik secara mandiri maupun dalam kelompok, sehingga juga turut mengembangkan kemampuan kerja sama dan komunikasi. Pengalaman belajar yang interaktif dan aplikatif seperti ini juga berpotensi meningkatkan motivasi dan minat mahasiswa terhadap bidang studinya.

Sementara itu, bagi pengajar KIT praktikum berperan sebagai media bantu yang efektif untuk menyampaikan materi secara lebih konkret dan menarik. Dengan adanya alat yang sudah dirancang sedemikian rupa, pengajar dapat menghemat waktu dalam menyiapkan bahan ajar praktikum dan lebih fokus pada proses pembelajaran (Hasan et al., 2019). Kit ini juga memungkinkan pengajar untuk mengevaluasi pemahaman mahasiswa secara lebih objektif melalui hasil praktik yang dapat diamati dan diukur. Interaksi antara pengajar dan mahasiswa pun menjadi lebih dinamis karena diskusi dan tanya jawab lebih mudah berkembang saat kegiatan praktikum berlangsung. Secara keseluruhan, kit praktikum mendukung terciptanya proses pembelajaran yang lebih efektif, efisien, dan bermakna, baik dari sisi pengajaran maupun pengalaman belajar mahasiswa.

Di STIKes Semarang tersedia kit praktikum sebagai media pembelajaran untuk memahami prinsip dasar dan penerapan sistem teknik tenaga listrik secara langsung. Kit ini dirancang agar mahasiswa dapat melakukan berbagai percobaan kelistrikan seperti instalasi, pengukuran, dan simulasi rangkaian. Namun, dari hasil pengamatan terhadap kit yang digunakan, diketahui bahwa perangkat tersebut belum dilengkapi dengan sistem pengaman berupa ELCB (Earth Leakage Circuit Breaker). Ketidadaan ELCB pada kit praktikum ini tentu menjadi catatan penting, mengingat ELCB berfungsi sebagai alat pelindung keselamatan yang sangat krusial dalam sistem kelistrikan (IEC, 2010; BSN, 2011). Perangkat ini dirancang untuk memutus aliran listrik secara otomatis jika terjadi kebocoran arus ke tanah atau jika seseorang tersengat listrik, sehingga dapat mencegah kejadian yang membahayakan keselamatan pengguna. Dalam konteks pendidikan, khususnya pada praktikum yang melibatkan praktikan, aspek keselamatan seharusnya menjadi prioritas utama. Tanpa adanya ELCB, risiko kecelakaan akibat sengatan listrik menjadi lebih tinggi, terlebih jika percobaan dilakukan oleh mahasiswa yang masih berada dalam tahap belajar dan belum sepenuhnya memahami potensi bahaya listrik. Oleh karena itu, sangat penting untuk melakukan evaluasi terhadap kelengkapan kit praktikum tersebut dan mempertimbangkan penambahan sistem pengaman seperti ELCB

agar kegiatan pembelajaran dapat berlangsung dengan aman dan sesuai standar keselamatan kerja.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun modul trainer yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran interaktif dan aman di laboratorium praktikum. Pengembangan media pembelajaran berbasis trainer terbukti mampu meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan praktik mahasiswa secara signifikan, karena peserta didik dapat langsung mengamati fenomena kelistrikan melalui percobaan nyata (Santoso et al., 2021). Dalam konteks pembelajaran teknik elektro, aspek keamanan menjadi prioritas penting. Oleh karena itu, desain trainer yang berorientasi pada keselamatan dirancang untuk meminimalkan risiko kejadian listrik dan mendukung terciptanya lingkungan belajar yang aman di laboratorium (Rahman & Siregar, 2020).

Selain faktor keamanan, alat ukur seperti voltmeter dan amperemeter yang terintegrasi pada trainer berfungsi membantu mahasiswa memantau performa motor AC satu fasa dan menganalisis efisiensinya selama proses praktikum berlangsung (Utama et al., 2022). Lebih lanjut, penggunaan relay dan selector switch memungkinkan mahasiswa untuk memahami prinsip kerja sistem kendali sederhana, serta memberikan pengalaman belajar berbasis simulasi nyata yang lebih menarik dan aplikatif (Nugroho & Prasetyo, 2023).

Trainer yang dirancang secara interaktif juga memberikan kontribusi terhadap peningkatan motivasi belajar dan kemandirian mahasiswa, karena mahasiswa dapat melakukan eksplorasi secara langsung tanpa sepenuhnya bergantung pada instruktur (Hidayat et al., 2021). Di sisi lain, desain trainer yang ergonomis dan mudah digunakan mendukung penerapan kurikulum berbasis praktik di laboratorium serta memudahkan integrasi dalam proses pembelajaran teknik yang berorientasi pada kompetensi (Fauzi et al., 2024). Dengan demikian, pengembangan trainer motor AC 1 fasa yang dilengkapi dengan fitur pengaman dan pengendali seperti voltmeter, amperemeter, selector switch, push button, relay, serta potensiometer menjadi solusi efektif dalam menciptakan media pembelajaran yang aman, interaktif, dan inovatif.

2. KAJIAN TEORITIS

Motor AC

Motor AC (Alternating Current) adalah motor listrik yang bekerja menggunakan arus bolak-balik untuk menghasilkan gerakan putar (Wildi, 2015). Motor ini memanfaatkan prinsip induksi elektromagnetik, di mana medan magnet yang berubah-ubah pada stator menginduksi arus listrik pada rotor sehingga menghasilkan torsi. Motor AC dikenal memiliki konstruksi

yang sederhana, daya tahan tinggi, dan perawatan yang relatif mudah (Pabla, 2012). Keunggulannya terletak pada kemampuannya untuk bekerja secara stabil pada kecepatan konstan, menjadikannya sangat andal untuk aplikasi yang memerlukan operasi berkelanjutan.

Dalam bidang elektromedis, motor AC banyak diaplikasikan pada peralatan yang memerlukan daya mekanis besar dan operasi kontinu, seperti kompresor udara pada sistem ventilator, pompa vakum di laboratorium, atau sistem pendingin pada alat MRI (Hughes et al., 2019). Pemahaman terhadap karakteristik dan prinsip kerja motor AC menjadi penting bagi mahasiswa teknik elektromedik, mengingat keandalannya sangat berpengaruh terhadap kinerja peralatan medis yang didukungnya.

Praktikum motor AC bagi mahasiswa elektromedik bertujuan untuk memberikan pemahaman yang menyeluruh, mulai dari teori dasar, konstruksi, hingga pengoperasian motor AC. Dalam praktikum, mahasiswa mempelajari cara menghubungkan motor ke sumber daya listrik, mengamati karakteristik putaran dan torsi, serta memahami faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi kerja motor. Selain itu, mereka juga diajak untuk mengidentifikasi potensi kerusakan dan mempelajari prosedur perawatan sesuai standar keselamatan kerja di bidang elektromedis. Melalui kegiatan praktikum ini, mahasiswa tidak hanya memperkuat kompetensi teknis, tetapi juga membangun kesiapan untuk menangani motor AC yang menjadi bagian integral dari berbagai perangkat medis di lapangan.

ELCB

ELCB (Earth Leakage Circuit Breaker) adalah perangkat pengaman listrik yang berfungsi memutus aliran arus secara otomatis ketika terdeteksi kebocoran arus ke tanah (Bureau of Indian Standards, 2005). Prinsip kerjanya adalah dengan memantau perbedaan arus antara konduktor fasa dan netral (IEC, 2010). Jika terdapat arus yang mengalir keluar jalur normal—misalnya akibat kebocoran atau seseorang tersengat listrik—ELCB akan segera memutus rangkaian, sehingga mencegah risiko kejutan listrik atau kebakaran. Dalam bidang elektromedis, keberadaan ELCB sangat penting untuk melindungi pasien, operator, serta peralatan medis yang sensitif terhadap gangguan listrik.

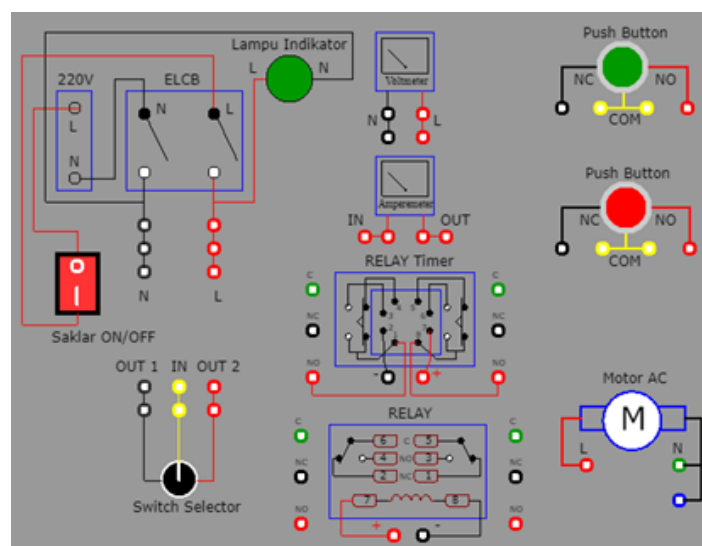
Praktikum ELCB bagi mahasiswa elektromedik bertujuan untuk mengenalkan cara kerja, metode pengujian, dan penerapannya pada sistem kelistrikan peralatan medis. Melalui praktikum ini, mahasiswa dapat mempelajari proses instalasi ELCB, menguji responsnya terhadap kebocoran arus simulasi, serta memahami peranannya dalam standar keselamatan listrik rumah sakit. Selain memperkuat pengetahuan teori, kegiatan ini juga membekali mahasiswa dengan keterampilan praktis dan kesadaran tinggi terhadap pentingnya perlindungan kelistrikan di lingkungan medis.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) untuk mengembangkan *trainer* motor AC satu fasa dengan pengaman ELCB (*Earth Leakage Circuit Breaker*) (Sugiyono, 2019). Tujuannya adalah menghasilkan alat praktik yang aman, fungsional, dan sesuai kebutuhan pembelajaran vokasi. ELCB berfungsi memutus arus secara otomatis saat terjadi kebocoran listrik, sehingga melindungi pengguna dari risiko sengatan.

Tahapan penelitian meliputi identifikasi kebutuhan, perancangan dan validasi desain, pembuatan prototipe, uji teknis, revisi, uji coba lapangan, hingga penyempurnaan produk serta penyusunan panduan penggunaan. Proses ini memastikan *trainer* siap digunakan secara efektif di laboratorium pembelajaran.

Desain KIT menggunakan alat toolset, solder dan timah, multimeter, bor tangan. Bahan PVC digunakan sebagai box pengaman. Gambar 1 berikut merupakan desain KIT praktikum motor AC 1 fasa dilengkapi dengan ELCB.



Gambar 1. Desain Kit Praktikum Motor AC 1 Fasa.

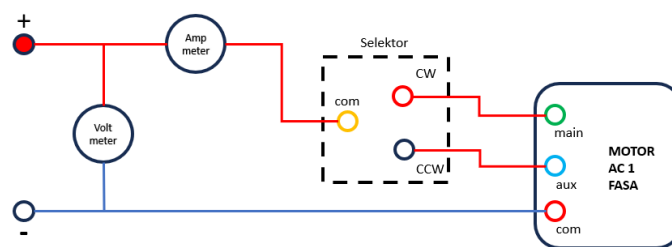
KIT yang dibuat memungkinkan untuk mahasiswa mempraktekan metode starting pada motor AC dengan menggunakan relay, membalik arah putaran motor, serta metode running motor dengan timer. Adanya voltmeter dan amperemeter pada KIT memudahkan pengukuran tegangan dan arus pada sistem AC. Adanya ELCB pada KIT praktikum motor AC berfungsi mendeteksi dan memutus arus secara otomatis saat terjadi kebocoran listrik, sehingga melindungi pengguna dan peralatan dari risiko sengatan maupun kerusakan. Adanya switch selector pada KIT praktikum motor AC berfungsi untuk memilih mode atau rangkaian operasi yang diinginkan, seperti arah putaran motor, jenis pengoperasian, atau konfigurasi sambungan, sehingga memudahkan pengaturan dan percobaan sesuai kebutuhan pembelajaran. Adanya

relay pada KIT praktikum motor AC berfungsi sebagai sakelar listrik otomatis yang menghubungkan atau memutuskan arus pada rangkaian berdasarkan sinyal kendali, misalnya untuk mengatur starting motor, melindungi rangkaian dari beban berlebih, atau mengendalikan perubahan mode operasi tanpa perlu sakelar manual. Push button pada KIT praktikum motor AC berfungsi sebagai sakelar tekan sementara untuk menghidupkan atau mematikan motor, memberikan sinyal start/stop, atau mengaktifkan fungsi tertentu dalam rangkaian, sehingga memudahkan kontrol operasi saat praktik. Timer relay pada KIT praktikum motor AC berfungsi mengatur waktu tunda (*delay*) penyambungan atau pemutusan arus secara otomatis, misalnya untuk mengendalikan waktu kerja rangkaian starting motor sebelum beralih ke operasi normal, sehingga proses berjalan aman dan sesuai prosedur.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian rangkaian forward reverse motor 1 fasa tanpa relay

Pada motor induksi 1 fasa, perubahan arah putaran tidak cukup dilakukan hanya dengan membalikkan suplai fasa dan netral, karena motor ini memiliki belitan utama (*main winding*) dan belitan bantu (*auxiliary winding*). Arah putaran ditentukan oleh pola medan magnet yang dihasilkan dari perbedaan fasa antara kedua belitan. Oleh karena itu, untuk membalik arah putaran, posisi sambungan belitan bantu terhadap suplai harus dibalik. Skema rangkaian forward reverse motor AC 1 fasa ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Skema rangkaian forward reverse motor AC 1 Fasa.

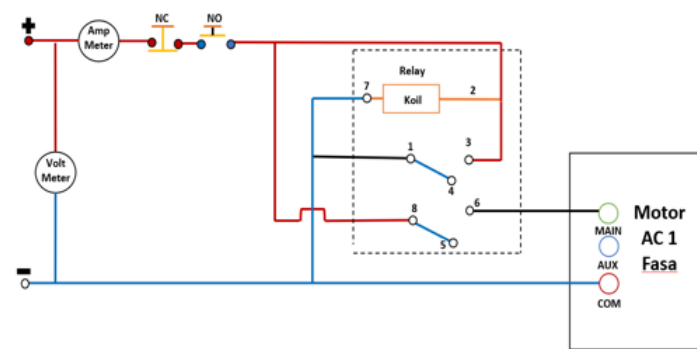
Sistem forward-reverse motor 1 fasa umumnya menggunakan saklar ganda (*double-pole double-throw*) atau kontaktor yang dikendalikan rangkaian pengaman seperti thermal overload relay untuk melindungi motor dari arus lebih (Wildi, 2015). Gambar 2. merupakan skema pengujian rangkaian forward reverse motor AC 1 fasa. Saat mode forward aktif, sambungan belitan bantu diatur sedemikian rupa sehingga fasa mengalir melalui kapasitor dengan polaritas awal tertentu. Sebaliknya, saat mode reverse aktif, sambungan belitan bantu dibalik, sehingga medan putar terbentuk ke arah berlawanan. Tabel 1 merupakan hasil pengujian pada percobaan rangkaian forward reverse.

Tabel 1. Hasil pengujian pada percobaan rangkaian forward reverse.

Saklar	Tegangan pada ujung motor (V)	Arah putaran	Kecepatan (Rpm)
Saklar 1 (CW)	220	Searah jarum jam	1415
Saklar 2 (CCW)	220	Berlawanan arah jarum jam	1414

Pengujian starting motor 1 fasa menggunakan relay

Pada sistem starting motor 1 fasa dengan relay, relay digunakan sebagai komponen otomatis yang menghubungkan dan memutus belitan bantu. Saat motor dihidupkan, arus awal yang besar mengaktifkan kontak relay, sehingga belitan bantu dan kapasitor terhubung ke sumber listrik. Hal ini menghasilkan pergeseran fasa pada arus, sehingga motor memperoleh torsi awal yang cukup untuk memutar rotor. Pada KIT motor 1 fasa dilengkapi dengan kapasitor pada kedua lilitannya. Skema rangkaian starting motor 1 fasa menggunakan relay ditunjukkan pada gambar 3.

**Gambar 3.** Skema rangkaian starting motor 1 fasa menggunakan relay.

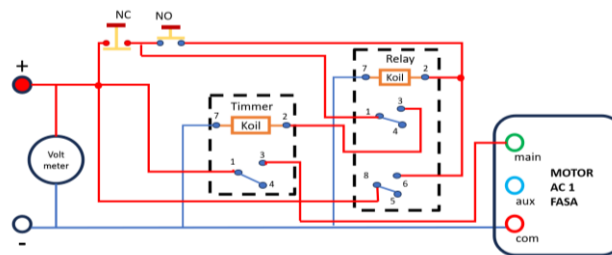
Ketika kecepatan motor mendekati 70–80% dari kecepatan nominalnya, arus yang mengalir ke belitan utama berkurang. Perubahan arus ini menyebabkan relai memutus hubungan belitan bantu, sehingga motor selanjutnya beroperasi hanya dengan belitan utama. Mekanisme ini membuat motor lebih efisien dan mencegah belitan bantu panas berlebihan. Penggunaan relay dalam starting motor 1 fasa memberikan keuntungan berupa otomatisasi proses start, mengurangi kebutuhan intervensi manual, serta memperpanjang umur komponen (Chapman, 2012). Prinsip kerja ini banyak ditemukan pada motor kapasitor start atau motor split phase di berbagai peralatan listrik sehari-hari.

Tabel 2. Hasil Pengukuran pada tegangan starting motor.

Pengukuran ke-	Tegangan pada ujung motor (V)	Kecepatan (rpm)
1	220	1413
2	220	1415
3	220	1414

Pengujian rangkaian start/stop motor dengan delay

Pada sistem pengendalian motor listrik, sering diperlukan pengaturan waktu tunda (delay) baik saat start maupun stop untuk melindungi motor dan memastikan urutan kerja yang aman. Delay digunakan untuk menghindari lonjakan arus start yang berlebihan, memberi waktu pendinginan, atau menjalankan motor secara berurutan dengan beban lain. Rangkaian start/stop motor dengan delay biasanya terdiri dari push button start, push button stop, kontaktor, dan timer relay (Pabla, 2012). Saat tombol start ditekan, arus mengaktifkan timer relay. Setelah waktu tunda yang diatur tercapai, kontak timer menutup dan mengaktifkan kontaktor sehingga motor mulai berputar. Skema rangkaian start/stop motor dengan delay ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Skema rangkaian start/stop motor dengan delay.

Untuk fungsi delay stop, timer relay digunakan untuk menahan kontaktor tetap aktif beberapa detik setelah tombol stop ditekan, sehingga motor tidak berhenti mendadak. Sistem ini umum digunakan pada conveyor, kipas ventilasi, dan pompa agar operasi lebih halus dan aman.

Tabel 3. Hasil pengujian pada percobaan rangkaian start/stop motor dengan delay.

Setting Timer (detik)	Pembacaan alat pembanding (detik)			Rata-rata (detik)	Selisih (detik)
	1	2	3		
10	10.42	10.54	10.35	10.43	0.43
20	20.10	20.43	20.34	20.29	0.29
30	30.45	30.22	30.11	30.26	0.26

Pembahasan

Koordinasi proteksi antara fuse dan ELCB bertujuan untuk melindungi peralatan dan manusia dari bahaya listrik, di mana fuse bekerja memutus arus berlebih atau hubung singkat sedangkan ELCB memutus aliran listrik jika terjadi kebocoran arus ke tanah. Dalam praktiknya, fuse dipasang pada beban untuk melindungi motor dari kerusakan akibat arus lebih, sementara ELCB dipasang pada jalur utama untuk melindungi seluruh instalasi dari kebocoran arus yang berpotensi menimbulkan sengatan listrik. Untuk mendukung pemahaman, kit praktikum motor 1 fasa dapat dibuat dalam beberapa variasi, antara lain rangkaian forward–reverse tanpa relay yang menggunakan saklar untuk mengubah arah putaran motor, rangkaian

starting motor dengan relay yang secara otomatis memutus kumparan bantu setelah motor berputar stabil, serta rangkaian start/stop dengan delay yang menggunakan timer agar motor menyala setelah jeda waktu tertentu. Melalui rangkaian ini, mahasiswa dapat mempelajari langsung prinsip dasar pengendalian motor sekaligus penerapan sistem proteksi listrik.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulannya, kit praktikum motor AC 1 fasa yang dilengkapi dengan sistem pengaman ELCB memberikan manfaat besar dalam pembelajaran karena mampu memperlihatkan secara langsung prinsip kerja motor 1 fasa beserta variasi metode pengendaliannya, mulai dari rangkaian forward–reverse, starting dengan relay, hingga start/stop dengan delay. Kehadiran ELCB sebagai proteksi utama menambah tingkat keamanan praktikum, karena dapat melindungi peralatan dari kerusakan akibat arus bocor sekaligus menjaga keselamatan pengguna dari bahaya sengatan listrik. Dengan demikian, kit ini tidak hanya berfungsi sebagai sarana praktik dasar kelistrikan, tetapi juga memperkenalkan mahasiswa pada penerapan standar keselamatan kerja di bidang teknik elektro. Sebagai saran, kit praktikum sebaiknya dilengkapi dengan indikator visual seperti lampu atau panel digital untuk memudahkan pemantauan, serta dikembangkan lebih lanjut menggunakan sistem kontrol berbasis elektronik maupun mikrokontroler agar lebih sesuai dengan kebutuhan industri modern dan dapat meningkatkan keterampilan mahasiswa dalam bidang otomasi

DAFTAR REFERENSI

- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *Persyaratan umum instalasi listrik (PUIL 2011)*. Jakarta: BSN.
- Bureau of Indian Standards. (2005). *Residual current operated circuit-breakers (RCCBs) without integral overcurrent protection for household and similar uses (ELCB standard), IS 12640-1:2005*. New Delhi: BIS.
- Chapman, S. J. (2012). *Electric machinery fundamentals* (5th ed.). New York, NY: McGraw-Hill.
- Fauzi, R., Maulana, H., & Dewi, S. (2024). Ergonomic design of learning media for electrical laboratories: A practical approach. *Journal of Engineering and Education Innovation*, 7(1), 27–36. <https://doi.org/10.1088/jee.v7i1.27>
- Hasan, S., Arsyad, A., & Rasyid, A. (2021). *Media pembelajaran*. Makassar: Universitas Negeri Makassar.
- Hidayat, M., Lestari, N., & Sumarno, J. (2021). Enhancing student engagement through interactive trainer-based learning in electrical engineering. *Education and Technology Review*, 5(4), 211–219. <https://doi.org/10.11591/etr.v5i4.211>

- Hughes, E., Drury, B., & Hughes, I. M. (2019). *Electrical and electronic technology* (12th ed.). Pearson Education.
- International Electrotechnical Commission. (2010). *IEC 61008-1: Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCBs)*. Geneva: IEC.
- Malvino, A. P., & Bates, D. J. (2016). *Electronic principles* (8th ed.). New York, NY: McGraw-Hill.
- Nugroho, B., & Prasetyo, E. (2023). Design and simulation of AC motor control system using relay and selector switch. *Journal of Applied Electrotechnics*, 8(2), 74–82. <https://doi.org/10.31002/jae.v8i2.74>
- Pabla, A. S. (2012). *Electric power distribution* (6th ed.). New Delhi: McGraw-Hill.
- Rahman, F., & Siregar, D. (2020). Safety-oriented design of single-phase AC motor trainer for vocational education. *International Journal of Technical Education and Training*, 6(2), 58–65. <https://doi.org/10.11591/ijtet.v6i2.58>
- Santoso, A., Wijaya, D., & Hartono, R. (2021). Development of interactive trainer module for electrical machines laboratory learning. *Journal of Electrical Engineering Education*, 12(3), 145–153. <https://doi.org/10.1234/jeee.v12i3.145>
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian dan pengembangan (Research and Development/R&D)*. Bandung: Alfabeta.
- Utama, P., Nurhadi, M., & Putra, A. (2022). Implementation of measuring instruments in AC motor training kits for performance analysis. *Indonesian Journal of Electrical Technology*, 10(1), 33–40. <https://doi.org/10.20885/ijet.vol10.iss1.art4>
- Wildi, T. (2015). *Electrical machines, drives, and power systems* (6th ed.). Pearson Education.