

**PENGEMBANGAN ALAT PERAGA MCB DAN ELCB
UNTUK INSTALASI LISTRIK**

SKRIPSI

Diajukan oleh:

**MUHAMMAD NASIR
NIM. 180211093**

**Mahasiswa Prodi Pendidikan Teknik Elektro
Fakultas Tarbiyah dan Keguruan**



**KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2024 M/1446 H**

PENGEMBANGAN ALAT PERAGA MCB DAN ELCB UNTUK INSTALASI LISTRIK

SKRIPSI

Diajukan kepada Fakultas Tarbiyah dan Keguruan (FTK)
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Darussalam Banda Aceh
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana dalam
Program Studi Pendidikan Teknik Elektro

Diajukan Oleh:

MUHAMMAD NASIR
NIM.180211093

Mahasiswa Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
Program Pendidikan Teknik Elektro

Disetujui Oleh:

Pembimbing,


Dr. Sri Nengsin, S.Si., M.Sc.
NIP. 198508102014032002

PENGEMBANGAN ALAT PERAGA MCB DAN ELCB UNTUK INSTALASI LISTRIK

SKRIPSI

Telah diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi
Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry dan Dinyatakan Lulus
serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
dalam Ilmu Pendidikan Teknik Elektro.

Pada Hari/Tanggal :

Selasa, 24 Desember 2024
22 Jumadil Akhir 1446

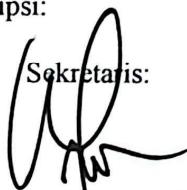
Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi:

Ketua:



Dr. Sri Nengsih, S.Si., M.Sc.
NIP. 198508102014032002

Sekretaris:



Rahmayanti, M.Pd
NIP. 198901312020122011

Pengaji I:



Hari Anna Lastya, M.T
NIP. 198704302015032005

Pengaji II:



Muhammad Ikhsan, M.T
NIP. 198610232023211028

Mengetahui,

Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry
Darussalam Banda Aceh

Prof. Sartini Muluk, S.Ag., M.A., M.Ed., Ph.D.
NIP. 196001021997031003



LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH/SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Nasir

NIM : 180211093

Prodi : Pendidikan Teknik Elektro

Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan

Judul Skripsi : pengembangan alat peraga MCB dan ELCB
untuk instalasi listrik

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini,
saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data;
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini.

Bila di kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap

dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 24 Desember 2024

Hormat saya,



Muhammad Nasir
NIM. 180211093

ABSTRAK

Nama : Muhammad Nasir
NIM : 180211093
Fakultas/ Prodi: Fakultas Tarbiah dan Keguruan/ Pendidikan Teknik Elektro
Judul Skripsi : *Pengembangan Alat Peraga MCB dan ELCB untuk Instalasi Listrik*
Halaman : 75 Halaman
Pembimbing : Dr. Sri Nengsih, S.Si., M.Sc.
Kata Kunci : *Alat Peraga, MCB, ELCB, Instalasi Listrik, Keselamatan Listrik*

Listrik merupakan kebutuhan dasar dalam kehidupan modern, namun potensi bahaya akibat kesalahan instalasi masih sering terjadi. Penelitian ini bertujuan mengembangkan alat peraga MCB (Miniature Circuit Breaker) dan ELCB (Earth Leakage Circuit Breaker) sebagai media pembelajaran untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa terkait proteksi arus lebih dan kebocoran arus. Menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan model 4D (Define, Design, Develop, Disseminate), penelitian ini berhenti pada tahap Develop. Hasil validasi menunjukkan alat ini sangat layak digunakan, dengan persentase validasi 90% oleh ahli media dan 95% oleh ahli materi. Uji kinerja membuktikan MCB mampu memutus arus lebih dalam 0,9 detik, sedangkan ELCB mendeteksi kebocoran arus pada ambang batas 30 mA sesuai standar keselamatan. Alat ini dinilai praktis, aman, dan efektif dalam meningkatkan pemahaman mahasiswa melalui simulasi mendekati kondisi nyata. Penelitian merekomendasikan pengembangan lebih lanjut, termasuk integrasi teknologi IoT dan fitur digital untuk pembelajaran jarak jauh.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah, penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga skripsi yang berjudul "*Pengembangan Alat Peraga MCB dan ELCB untuk Instalasi Listrik*" ini dapat diselesaikan. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan program sarjana pada Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Penulisan skripsi ini tentunya tidak lepas dari dukungan dan bimbingan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua tercinta, yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, motivasi, dan dukungan tanpa henti. Setiap langkah yang penulis capai adalah hasil dari pengorbanan dan doa yang tulus dari mereka.
2. Istri tercinta, yang dengan kesabaran, pengertian, dan cinta, selalu menjadi sumber semangat dalam setiap proses yang penulis lalui.
3. Bapak Prof Safrul Muluk, S.Ag., MA., M.Ed., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, atas

dukungan dan arahan yang diberikan selama masa studi.

4. Ibu Hari Anna Lastya, S.T., M.T selaku Kepala Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, atas bimbingan dan dukungan yang sangat membantu dalam perjalanan akademik penulis.
5. Ibu dosen Dr. Sri Nengsih, S.Si., M.Sc. pembimbing, atas waktu, arahan, dan dedikasi dalam memberikan bimbingan yang sangat berarti selama penulisan skripsi ini.
6. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Elektro UIN Ar-Raniry, atas kerja sama, motivasi, dan dukungan yang telah membantu selama pelaksanaan penelitian ini.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan dukungan dalam berbagai bentuk.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan karya ini di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat memberikan

manfaat, baik bagi penulis, pembaca, maupun dunia pendidikan teknik elektro.

Banda Aceh, Desember 2024

Penulis



Muhammad Nasir
NIM. 180211093

DAFTAR ISI

PENGESAHAN PEMBIMBING	i
PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian.....	5
D. Manfaat Penelitian.....	5
E. Definisi Operasional	6
F. Kajian Terdahulu Yang Relevan	7
BAB II LANDASAN TEORITIS	12
A. Alat Peraga	12
B. Definisi Instalasi Listrik	20
C. MCB dan ELCB Pada Instalasi Listrik.....	22
BAB III METODE PENELITIAN.....	29
A. Rancangan Penelitian	29
B. Populasi dan Sampel Penelitian.....	37
C. Instrumen Pengumpulan Data	38
D. Teknik Pengumpulan Data.....	45
E. Teknik Analisis Data.....	46

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	48
A. Hasil Penelitian.....	48
B. Pembahasan	67
A. Kesimpulan.....	69
B. Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA.....	72

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Daftar komponen dan spesifikasi	33
Tabel 3. 2 kisi-kisi validasi ahli media.....	40
Tabel 3. 3 kisi-kisi validasi ahli materi	42
Tabel 3. 4 kriteria jawaban dan skor pernilaian	44
Tabel 3. 5 kisi-kisi lembar uji kinerja alat.....	39
Tabel 4. 1 rincian hasil validasi ahli media	57
Tabel 4. 2 rincian hasil validasi ahli materi.....	63
Tabel 4. 3 hasil uji kinerja alat	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Miniature Circuit Breaker (MCB).....	24
Gambar 2. 2 Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB).....	26
Gambar 3. 1 Desain Alat MCB dan ELCB	36
Gambar 4. 1 tata letak komponen	50
Gambar 4. 2 ukuran alat.....	52
Gambar 4. 3 bentuk buku pentunjuk.....	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 SK Skripsi

Lampiran 2 Lembar Validasi Ahli Media

Lampiran 3 Lembar Validasi Ahli Materi

Lampiran 4 Buku Petunjuk Penggunaan Alat

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Keselamatan listrik merupakan salah satu aspek paling krusial dalam instalasi dan operasional sistem kelistrikan, baik di rumah tangga, industri, maupun institusi pendidikan. Penggunaan perangkat proteksi listrik seperti MCB (*Miniature Circuit Breaker*) dan ELCB (*Earth Leakage Circuit Breaker*) telah menjadi standar keamanan dalam instalasi kelistrikan untuk mencegah bahaya yang disebabkan oleh arus berlebih, korsleting, atau kebocoran arus¹.

MCB dirancang untuk melindungi sirkuit dari kerusakan akibat arus berlebih yang bisa menyebabkan kerusakan peralatan listrik atau kebakaran. Sementara itu, ELCB bertugas mendeteksi kebocoran arus listrik yang bisa menyebabkan sengatan listrik kepada pengguna, sehingga perangkat ini sangat penting dalam menjamin keselamatan manusia. Kurangnya pengetahuan dan keterampilan dalam mengoperasikan serta

¹ Susanto, B. (2021). *Dasar-Dasar Keselamatan Listrik*. Jakarta: Penerbit Teknik Elektro.

memasang kedua perangkat ini menjadi salah satu penyebab meningkatnya insiden kebakaran dan kecelakaan Listrik

Menurut data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), sekitar 20% dari total insiden kebakaran rumah tangga di Indonesia setiap tahunnya disebabkan oleh korsleting listrik dan penggunaan perangkat proteksi yang tidak tepat atau tidak ada sama sekali². Kasus kebakaran yang terjadi di Universitas Abulyatama Banda Aceh pada Desember 2022 menjadi contoh nyata tentang bahaya korsleting listrik. Penyebabnya adalah kegagalan dalam mendeteksi arus lebih yang mengakibatkan percikan api, sehingga menghanguskan bagian besar dari ruangan ³. Hal ini menunjukkan betapa pentingnya pemahaman yang benar dan penggunaan perangkat proteksi yang tepat seperti MCB dan ELCB untuk mencegah insiden serupa di masa depan.

Di lingkungan pendidikan, terutama di Universitas seperti Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh, pendidikan praktis terkait pemasangan dan pengoperasian

² Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). (2023). *Laporan Tahunan Kecelakaan Listrik di Indonesia*. Jakarta: BNPB.

³ Kompas. (2022, Desember 15). *Kebakaran di Universitas Abulyatama Banda Aceh Diduga Akibat Korsleting Listrik*. Diakses dari <https://www.kompas.com/>

perangkat proteksi listrik sangat penting untuk mempersiapkan mahasiswa menghadapi dunia kerja. Mahasiswa teknik elektro dituntut untuk memiliki pemahaman mendalam tentang keselamatan listrik serta kemampuan praktis dalam menginstal perangkat proteksi. Namun, salah satu kendala yang sering dihadapi adalah keterbatasan sarana edukasi yang memungkinkan mahasiswa untuk mendapatkan pengalaman langsung dalam memahami cara kerja dan pentingnya penggunaan MCB dan ELCB⁴.

Berdasarkan kebutuhan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat alat peraga MCB dan ELCB yang dapat digunakan dalam proses pembelajaran di ruang kelas. Alat ini dirancang tidak hanya sebagai media edukasi teori tetapi juga sebagai simulasi praktis yang memungkinkan mahasiswa mempelajari langsung cara kerja dan proses instalasi perangkat proteksi ini. Dengan adanya alat ini, mahasiswa dapat memperoleh pengalaman langsung dalam memahami cara mendeteksi arus lebih, kebocoran arus, dan cara perangkat MCB

⁴ Munir, M. (2019). *Pentingnya Pengenalan MCB dan ELCB dalam Pembelajaran Teknik Elektro di Perguruan Tinggi*. Banda Aceh: UIN Ar-Raniry Press.

dan ELCB bekerja untuk memutuskan arus listrik secara otomatis demi mencegah kecelakaan.

Alat peraga ini diharapkan dapat memberikan simulasi kondisi nyata dalam pemasangan MCB dan ELCB, sehingga mahasiswa tidak hanya mempelajari teorinya saja, tetapi juga mampu menerapkan pengetahuan tersebut dalam konteks praktis di ruang kelas. Melalui alat ini, diharapkan mahasiswa dapat mengembangkan keterampilan instalasi listrik yang aman dan efektif serta mampu menghadapi tantangan di dunia kerja kelistrikan yang sesungguhnya, di mana keselamatan listrik merupakan prioritas utama.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana Hasil rancangan alat peraga MCB dan ELCB?
2. Bagaimana hasil uji kelayakan alat peraga MCB dan ELCB?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui hasil rancangan kelayakan alat peraga MCB dan ELCB yang dapat digunakan di ruang kelas, sebagai sarana edukasi praktis.
2. Untuk mengetahui hasil uji kelayakan alat peraga MCB dan ELCB.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Secara Teoretis
Penelitian ini diharapkan dapat memperkaya khazanah ilmu pengetahuan dalam bidang keselamatan listrik, khususnya dalam pemahaman tentang peran penting MCB dan ELCB dalam mencegah kecelakaan listrik. Selain itu, penelitian ini juga dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan edukasi keselamatan listrik di lingkungan pendidikan.
2. Secara Praktis
Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat langsung bagi mahasiswa teknik elektro di UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Dengan adanya alat peraga yang dirancang, mahasiswa dapat melakukan praktikum

secara lebih efektif. Selain itu, pengetahuan yang diperoleh melalui alat ini dapat meningkatkan keterampilan instalasi listrik mahasiswa, sehingga mereka lebih siap menghadapi tantangan di dunia kerja.

E. Definisi Operasional

Agar tidak terjadi kesalahpahaman dalam interpretasi istilah yang digunakan dalam penelitian ini, berikut adalah beberapa definisi operasional yang diterapkan:

1. Alat Peraga: Alat peraga yang dimaksud dalam penelitian ini adalah perangkat edukasi praktis yang dirancang untuk mengajarkan cara pemasangan dan pengoperasian MCB (Miniature Circuit Breaker) dan ELCB (Earth Leakage Circuit Breaker). Alat ini dilengkapi dengan berbagai komponen listrik yang dapat mensimulasikan kondisi nyata dalam instalasi kelistrikan.
2. Media Pembelajaran: Media pembelajaran dalam penelitian ini mengacu pada alat bantu yang digunakan dalam proses edukasi untuk menjelaskan konsep proteksi listrik. Alat ini tidak hanya bertujuan untuk memberikan

pemahaman teoretis, tetapi juga melatih keterampilan praktis mahasiswa.

3. Simulasi Proteksi Listrik: Simulasi proteksi listrik adalah metode pembelajaran praktis yang digunakan untuk merepresentasikan kondisi nyata pemasangan dan fungsi perangkat MCB dan ELCB dalam mendekripsi arus lebih serta kebocoran arus listrik.

F. Kajian Terdahulu Yang Relevan

Beberapa penelitian sebelumnya yang relevan dengan penelitian ini antara lain:

1. Siregar, M. (2019)

Judul: "Penerapan Keselamatan Listrik di Rumah Tangga Menggunakan MCB dan ELCB"

Analisis: Penelitian ini menyoroti pentingnya penggunaan MCB dan ELCB dalam instalasi listrik rumah tangga untuk mencegah korsleting dan kebakaran. Namun, fokus penelitian Siregar hanya terbatas pada penerapan alat proteksi di lingkungan rumah tangga tanpa aspek edukatif⁵.

Perbandingan dengan Penelitian Saya:

⁵ Siregar, M. (2019). *Penerapan Keselamatan Listrik di Rumah Tangga Menggunakan MCB dan ELCB*. Medan: Jurnal Teknik Elektro.

Penelitian saya berbeda karena alat peraga yang dikembangkan dirancang khusus sebagai media edukasi praktis di ruang kelas. Selain mengajarkan fungsi proteksi listrik, alat ini juga bertujuan meningkatkan keterampilan mahasiswa dalam memahami pemasangan dan simulasi MCB serta ELCB.

2. Rahmat, A. (2020)

Judul: "Pengaruh Penggunaan Alat Simulasi Instalasi Listrik terhadap Pemahaman Mahasiswa Teknik Elektro"
Analisis: Rahmat mengembangkan alat simulasi untuk pembelajaran instalasi listrik dan membuktikan bahwa penggunaan alat praktis meningkatkan pemahaman mahasiswa secara signifikan dibandingkan metode teori semata⁶.

Perbandingan dengan Penelitian Saya: Penelitian saya sejalan dengan penelitian Rahmat dalam menggunakan alat peraga untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa. Perbedaannya terletak pada fokus materi proteksi listrik, di mana penelitian saya lebih menitikberatkan pada

⁶ Rahmat, A. (2020). *Pengaruh Penggunaan Alat Simulasi Instalasi Listrik terhadap Pemahaman Mahasiswa Teknik Elektro*. Jakarta: Jurnal Pendidikan Teknik Elektro.

simulasi proteksi arus lebih dan kebocoran arus menggunakan MCB dan ELCB. Dengan demikian, alat yang dikembangkan memiliki aspek keselamatan yang lebih spesifik.

3. Suhendra, B. (2020)

Judul: "Analisis Kinerja ELCB dalam Sistem Kelistrikan Rumah Tangga untuk Mencegah Sengatan Listrik dan Kebakaran"

Analisis: Penelitian Suhendra menunjukkan bahwa kegagalan ELCB dalam mencegah kebakaran dan sengatan listrik disebabkan oleh pemasangan yang tidak sesuai standar dan minimnya pemeliharaan. Fokus penelitian ini lebih pada analisis performa alat di lapangan⁷.

Perbandingan dengan Penelitian Saya: Penelitian saya berfokus pada pengembangan alat peraga edukasi, bukan hanya analisis kinerja ELCB. Dengan menggunakan alat ini, mahasiswa akan memahami teori dan praktik

⁷ Suhendra, B. (2020). *Analisis Kinerja ELCB dalam Sistem Kelistrikan Rumah Tangga untuk Mencegah Sengatan Listrik dan Kebakaran*. Surabaya: Jurnal Teknik Listrik.

pemasangan ELCB sesuai standar, sehingga dapat mengurangi potensi kesalahan instalasi di lapangan.

4. Penelitian Hendra (2024)

Judul: "Perancangan Prototipe Pendekripsi Arus Bocor Berbasis *Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB)*"

Analisis: Hendra mengembangkan prototipe ELCB untuk mendekripsi kebocoran arus secara cepat dan efisien, dengan hasil pemutusan arus dalam waktu 19,60 ms. Fokus penelitian Hendra adalah pada pengembangan prototipe berbasis teknologi untuk aplikasi di lapangan.⁸ Perbandingan dengan Penelitian Saya: Penelitian Hendra dan penelitian saya memiliki kesamaan dalam membahas pentingnya ELCB dalam proteksi listrik. Namun, penelitian saya lebih menitikberatkan pada aspek pembelajaran dan praktik edukasi. Alat yang saya kembangkan bertujuan untuk mengedukasi mahasiswa melalui simulasi langsung, bukan hanya pengembangan teknologi pendekripsi.

Dari keempat penelitian terdahulu yang relevan, penelitian saya memiliki keunggulan dalam fokus edukasi

⁸ Hendra (2024). *Perancangan Prototipe Pendekripsi Arus Bocor Berbasis Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB)*"

praktis dengan pengembangan alat peraga MCB dan ELCB sebagai media simulasi pembelajaran. Hal ini memungkinkan mahasiswa tidak hanya memahami teori, tetapi juga mampu menerapkan instalasi proteksi listrik dalam kondisi nyata di ruang kelas, sehingga lebih siap menghadapi dunia kerja.

BAB II

LANDASAN TEORITIS

A. Alat Peraga

Alat peraga telah lama menjadi salah satu instrumen penting dalam dunia pendidikan, terutama dalam bidang teknik elektro. Alat ini digunakan untuk menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik, memberikan pengalaman langsung kepada mahasiswa yang relevan dengan situasi di dunia kerja nyata⁹. Dalam pendidikan teknik, keberadaan alat peraga menjadi vital untuk menjelaskan konsep-konsep yang sulit dipahami melalui teori saja.

Selain itu, alat peraga juga memberikan kesempatan bagi mahasiswa untuk memahami cara kerja perangkat teknis dalam kondisi yang aman dan terkontrol. Misalnya, simulasi penggunaan *Miniature Circuit Breaker* (MCB) dan *Earth Leakage Circuit Breaker* (ELCB) dapat membantu mahasiswa

⁹ Nguyen, T., & Ogawa, Y. (2020). *Technology and Pedagogy in Engineering Education*. Tokyo University Press.

mempelajari cara mendeteksi arus berlebih atau kebocoran arus tanpa menghadapi risiko bahaya nyata¹⁰.

1. Definisi alat peraga

Alat peraga merupakan perangkat yang dirancang untuk membantu proses pembelajaran melalui simulasi atau demonstrasi praktis. Dalam konteks pendidikan teknik elektro, alat peraga memiliki peran penting sebagai media pembelajaran yang menjembatani teori dengan praktik. Penggunaan alat peraga memungkinkan mahasiswa untuk mendapatkan pengalaman langsung yang relevan dengan dunia kerja, sehingga mempercepat pemahaman mereka terhadap konsep-konsep kompleks. Beberapa manfaat utama alat peraga dalam proses pembelajaran antara lain¹¹:

- a. Mempermudah pemahaman konsep, dengan alat peraga, mahasiswa dapat melihat langsung bagaimana teori diterapkan dalam praktik.

¹⁰Wahyudi, R., & Setyawan, H. (2019). Penerapan media pembelajaran berbasis simulasi pada pendidikan teknik. *Jurnal Teknologi Pendidikan Indonesia*, 7(3), 89–102.

¹¹ Arief, S., & Syaifullah, M. (2021). Efektivitas alat peraga dalam pembelajaran teknik elektro. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 10(2), 112–123.

- b. Meningkatkan keterampilan praktis, mahasiswa mendapatkan kesempatan untuk mempraktikkan instalasi dan pengoperasian perangkat, yang akan berguna di dunia kerja.
 - c. Mengurangi kesalahan pemahaman, alat peraga dapat digunakan untuk mensimulasikan berbagai skenario, sehingga mahasiswa memahami kesalahan umum dan cara mengatasinya.
 - d. Meningkatkan minat belajar, pembelajaran yang bersifat interaktif dan praktis cenderung lebih menarik bagi mahasiswa.
2. Ciri-ciri Alat Peraga

- a. Sesuai dengan materi pembelajaran; Alat peraga harus dirancang untuk mendukung tercapainya tujuan pembelajaran. Dalam konteks kelistrikan, alat ini membantu mahasiswa memahami proteksi arus lebih (*overcurrent protection*) dan kebocoran arus (*earth leakage*). Hal ini memastikan alat tersebut relevan dengan kurikulum dan memberikan manfaat yang signifikan dalam proses belajar¹².

¹² Sudjana, N., & Rivai, A. (2009). *Media Pengajaran: Penggunaan dan Pembuatannya*. Bandung: Sinar Baru Algensindo.

- b. Sederhana dan Mudah Digunakan: Desain alat peraga harus memperhatikan kemudahan penggunaan, terutama bagi mahasiswa yang baru pertama kali mempraktikkannya. Komponen yang sederhana dan panduan penggunaan yang jelas membantu pengguna memahami cara kerja alat tanpa kebingungan. Hal ini juga mengurangi risiko kesalahan operasional¹³.
- c. Aman dan Ergonomis: Keamanan merupakan prioritas utama dalam pembuatan alat peraga. Penggunaan bahan tahan panas serta penambahan sistem pengaman, seperti pemutus arus otomatis, memastikan alat ini dapat digunakan tanpa menimbulkan risiko bagi pengguna¹⁴. Desain ergonomis juga memudahkan pengguna dalam mengoperasikan alat dalam waktu yang lama tanpa merasa tidak nyaman.
- d. Interaktif: Alat peraga harus memungkinkan mahasiswa untuk mengalami simulasi kondisi

¹³ Arsyad, A. (2019). *Media Pembelajaran*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.

¹⁴ Ridwan, M. (2018). *Keselamatan Kerja dalam Sistem Elektrik*. Yogyakarta: Andi Offset.

nyata¹⁵, seperti bagaimana MCB dan ELCB bekerja saat terjadi gangguan kelistrikan. Interaktivitas ini memberikan pengalaman belajar yang lebih mendalam dan membantu mahasiswa memahami aplikasi konsep teoritis di lapangan.

3. Indikator alat peraga

Indikator alat peraga mengacu pada kriteria yang digunakan untuk menilai keberhasilan alat peraga sebagai media pembelajaran. Indikator ini mencakup aspek desain, fungsionalitas, keamanan, dan kontribusinya terhadap pembelajaran. Beberapa indikator alat peraga adalah:

a. Kejelasan Desain dan Komponen

- 1) Tata letak komponen yang terorganisir dan mudah dipahami.
- 2) Tersedianya label dan simbol pada setiap komponen untuk mempermudah identifikasi fungsi.

b. Kemudahan Penggunaan

¹⁵ Suyitno, A. (2012). *Inovasi Media Pembelajaran Interaktif*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya Press.

- 1) Alat peraga mudah dioperasikan oleh pengguna, termasuk mahasiswa dengan tingkat pemahaman yang beragam.
 - 2) Dilengkapi dengan panduan atau manual penggunaan yang jelas.
- c. Efektivitas Pembelajaran
- 1) Mampu mensimulasikan kondisi nyata dengan akurasi tinggi, seperti deteksi arus lebih oleh MCB dan kebocoran arus oleh ELCB.
 - 2) Memberikan pemahaman mendalam melalui pengalaman langsung.
- d. Keamanan dan Ergonomi
- 1) Memiliki sistem pengaman untuk mencegah risiko kecelakaan, seperti arus pendek atau kebocoran arus.
 - 2) Dibuat dari bahan yang tahan lama dan tahan panas untuk menjaga keamanan selama penggunaan.
- e. Kemampuan Inovasi
- 1) Alat peraga mengintegrasikan pendekatan inovatif, seperti penggunaan indikator visual, suara, atau digital untuk mendukung pembelajaran interaktif.

- 2) Dapat digunakan sebagai dasar pengembangan untuk penelitian lebih lanjut.
- f. Daya Tarik Mahasiswa
- 1) Menarik minat belajar mahasiswa dengan pendekatan praktis yang interaktif.
 - 2) Meningkatkan motivasi mahasiswa untuk mengeksplorasi konsep proteksi listrik lebih mendalam.
4. Fungsi Alat Peraga
- a. Membantu memahami teori abstrak dengan visualisasi yang konkret.
 - b. Memungkinkan pengguna untuk mempraktikkan langsung tanpa risiko bahaya nyata.
 - c. Mendorong pembelajaran aktif melalui eksperimen langsung.
5. Jenis-jenis alat peraga teknik elektro
- a. Alat peraga proteksi listrik: seperti mcb dan elcb untuk simulasi arus berlebih dan kebocoran arus.
 - b. Simulator sirkuit: untuk memahami hubungan antara arus, tegangan, dan resistansi¹⁶.

¹⁶ Wibowo, D., & Santoso, R. (2020). Penggunaan Simulator Sirkuit dalam Pendidikan Teknik Elektro. *Jurnal Teknologi Elektro*, 15(2), 112-118.

- c. Trainer panel listrik: untuk pembelajaran pemasangan dan pengoperasian sistem kelistrikan¹⁷.
- 6. Manfaat alat peraga dalam pendidikan teknik
 - a. Peningkatan Pemahaman: Memberikan pemahaman mendalam terhadap konsep yang sulit¹⁸.
 - b. Keamanan dalam Pembelajaran: Mengurangi risiko kecelakaan saat belajar¹⁹.
 - c. Peningkatan Minat dan Motivasi: Proses belajar yang lebih interaktif meningkatkan minat siswa²⁰.
- 5. Studi kasus penggunaan alat peraga
 - a. Penggunaan alat peraga MCB dan ELCB dalam simulasi proteksi arus listrik di laboratorium pendidikan²¹.
 - b. Implementasi trainer panel listrik untuk mengajarkan pemasangan dan pemeliharaan instalasi listrik²².

¹⁷ Arifin, H. (2018). Trainer Panel Listrik Sebagai Media Pembelajaran Praktik. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro*, 3(1), 25-30.

¹⁸ Sutrisno, T. (2019). Efektivitas Media Alat Peraga dalam Pendidikan Teknik. *Jurnal Pendidikan Teknologi*, 4(1), 15-22.

¹⁹ Kusnadi, A. (2021). Keamanan Pembelajaran Praktik Teknik Listrik di Laboratorium. *Jurnal Keselamatan Kerja*, 9(2), 34-40.

²⁰ Rahmat, F. (2022). Motivasi Siswa dalam Pembelajaran Interaktif Menggunakan Alat Peraga. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 6(3), 50-57.

²¹ Wahyudi, S. (2023). Studi Kasus Penggunaan Alat Peraga MCB dan ELCB di Laboratorium Pendidikan. *Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 12(1), 77-85.

²² Siregar, M. (2019). Penggunaan Trainer Panel dalam Praktikum Teknik Elektro. *Prosiding Pendidikan Teknik Elektro*, 5(2), 92-100.

6. Tantangan dalam penggunaan alat peraga
 - a. Keterbatasan Fasilitas: Tidak semua institusi memiliki alat peraga yang memadai²³.
 - b. Keterampilan Pengguna: Memerlukan pelatihan bagi instruktur dan mahasiswa²⁴.
 - c. Biaya Pengadaan: Beberapa alat peraga membutuhkan investasi yang besar²⁵.

B. Definisi Instalasi Listrik

1. Pengertian instalasi Listrik

Instalasi listrik adalah proses pengaturan dan pemasangan peralatan listrik yang bertujuan untuk menyediakan energi listrik ke pengguna dengan cara yang aman dan efisien. Instalasi ini mencakup sistem distribusi, pengamanan, dan penggunaan energi listrik dalam bangunan. Hal ini melibatkan berbagai komponen yang saling terintegrasi untuk mendistribusikan listrik secara efektif ke berbagai peralatan

²³ Hasanah, R. (2020). Tantangan Pengadaan Media Pembelajaran di Perguruan Tinggi. *Jurnal Manajemen Pendidikan*, 7(1), 60-67.

²⁴ Prasetyo, E. (2022). Keterampilan Mahasiswa dalam Penggunaan Media Pembelajaran Teknik. *Jurnal Pendidikan Teknik*, 9(1), 45-53.

²⁵ Yuliana, I. (2021). Analisis Biaya Pengadaan Alat Peraga Pendidikan Teknik. *Jurnal Ekonomi Pendidikan*, 8(3), 80-89.

yang membutuhkan daya²⁶. Selain itu, instalasi listrik harus dirancang dan dipasang sesuai standar keselamatan agar risiko seperti korsleting atau kebocoran arus dapat diminimalkan²⁷.

2. Standar internasional dalam instalasi listrik

Beberapa standar internasional yang menjadi acuan dalam instalasi listrik adalah:

- a. IEC (*International Electrotechnical Commission*): Memberikan pedoman umum untuk instalasi listrik.
- b. NEC (*National Electrical Code*): Digunakan di Amerika Serikat, berfokus pada keamanan dan efisiensi.

3. Teknologi Modern dalam Instalasi Listrik

Saat ini, instalasi listrik berkembang ke arah yang lebih canggih dengan penerapan teknologi seperti:

²⁶ IEC Standards. (2020). Standard guidelines for electrical installation. *International Electrotechnical Commission*.

²⁷ Wahyudi, R., & Setyawan, H. (2019). Pemanfaatan alat proteksi listrik untuk keselamatan pengguna. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Elektro*, 8(2), 102–115.

- a. Sistem Smart Home: Mengintegrasikan kontrol perangkat listrik melalui ponsel pintar.
- b. Instalasi berbasis energi terbarukan: Menggunakan panel surya dan turbin angin untuk sumber energi.

C. MCB dan ELCB Pada Instalasi Listrik

MCB (*Miniature Circuit Breaker*) dan ELCB (*Earth Leakage Circuit Breaker*) adalah dua perangkat utama yang berfungsi melindungi instalasi listrik dari berbagai potensi bahaya. Keduanya memiliki peran penting dalam memastikan keselamatan pengguna dan peralatan listrik, terutama di lingkungan rumah tangga, industri, dan pendidikan²⁸. Berikut adalah kisah perjalanan keduanya dalam menjaga keamanan instalasi listrik.

1. *Miniature Circuit Breaker (MCB)*

MCB adalah perangkat proteksi listrik yang berfungsi untuk memutuskan arus listrik secara otomatis ketika terjadi arus lebih atau korsleting²⁹. MCB dirancang untuk melindungi instalasi listrik dari kerusakan akibat:

²⁸Schneider Electric Indonesia. (2021). *Product Catalog: Miniature Circuit Breaker (MCB) and Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB)*.

²⁹Arief, S., & Syaifulah, M. (2021). Efektivitas alat peraga dalam pendidikan teknik elektro. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 10(2), 112–123.

- a. Arus Lebih (*Overcurrent*), Kondisi di mana arus yang mengalir dalam rangkaian melebihi kapasitas nominalnya, yang dapat menyebabkan panas berlebih dan kerusakan.
- b. Korsleting (*Short Circuit*), Terjadinya hubungan langsung antara dua konduktor dengan potensial berbeda, yang dapat menghasilkan lonjakan arus besar³⁰.

Komponen utama MCB:

- a. Kontak Utama, Menghubungkan atau memutuskan aliran listrik.
- b. Bimetal Strip, Memutuskan aliran listrik saat terjadi arus lebih dalam waktu tertentu.
- c. Electromagnetic Trip Coil, Memutuskan aliran listrik secara langsung saat terjadi korsleting.

Jenis-jenis MCB:

- a. MCB Tipe B: Digunakan untuk sirkuit dengan arus beban kecil, seperti penerangan rumah tangga.

³⁰Wahyudi, R., & Setyawan, H. (2019). *Pemanfaatan alat proteksi listrik untuk keselamatan pengguna*.

- b. MCB Tipe C: Digunakan untuk sirkuit dengan arus inrush tinggi, seperti motor listrik.
- c. MCB Tipe D: Digunakan untuk sirkuit dengan arus lonjakan sangat tinggi, seperti trafo.

Berikut adalah contoh gambar MCB:



Gambar 2. 1 Miniature Circuit Breaker (MCB)

Sumber : schneider electric indonesia

2. *Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB)*

ELCB adalah perangkat proteksi yang dirancang untuk mendeteksi kebocoran arus listrik yang berpotensi membahayakan manusia. Ketika terjadi kebocoran arus, ELCB secara otomatis memutuskan aliran listrik untuk mencegah sengatan listrik atau kebakaran.

ELCB bekerja dengan mendeteksi perbedaan arus antara kabel fasa dan netral. Jika terdapat kebocoran arus yang mengalir ke tanah (*earth*), perangkat akan memutuskan sirkuit. ELCB biasanya digunakan di instalasi listrik rumah tangga, industri, dan fasilitas umum untuk meningkatkan keselamatan.

Komponen utama ELCB:

- a. Transformator Arus, Mengukur perbedaan arus antara kabel fasa dan netral.
- b. Relay Pemutus, Memutuskan aliran listrik jika perbedaan arus melebihi ambang batas yang ditentukan.
- c. *Test Button*, Digunakan untuk menguji kinerja ELCB secara berkala.

Jenis-jenis ELCB:

- a. *Voltage Earth Leakage Circuit Breaker* (vELCB), Menggunakan tegangan untuk mendeteksi kebocoran arus.
- b. *Current Earth Leakage Circuit Breaker* (cELCB), Menggunakan perbedaan arus untuk mendeteksi kebocoran arus.

Berikut adalah contoh gambar ELCB:



Gambar 2. 2 *Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB)*
Sumber : schneider electric indonesia

3. Peran MCB dan ELCB dalam Keselamatan Listrik

Perangkat proteksi seperti MCB dan ELCB memiliki peran penting dalam mencegah:

- a. Kerusakan Peralatan, Dengan memutuskan arus listrik sebelum mencapai tingkat yang merusak.
- b. Kebakaran, Dengan mendeteksi korsleting dan kebocoran arus.
- c. Kecelakaan, Dengan mencegah sengatan listrik yang dapat membahayakan nyawa manusia.

4. Tantangan dalam Penggunaan MCB dan ELCB

Meskipun MCB dan ELCB merupakan perangkat penting dalam keselamatan listrik, penggunaannya di Indonesia masih menghadapi beberapa tantangan:

- a. Kurangnya Pengetahuan, Banyak pengguna belum memahami cara kerja dan pentingnya perangkat ini.
 - b. Kesalahan Instalasi, Pemasangan yang tidak sesuai standar dapat mengurangi efektivitas perangkat.
 - c. Minimnya Pemeliharaan, Perangkat proteksi yang tidak dirawat dengan baik dapat gagal berfungsi saat dibutuhkan.
5. Studi Kasus Kegagalan MCB dan ELCB

Kegagalan fungsi MCB dan ELCB dapat terjadi karena:

- a. Pemasangan yang tidak sesuai standar: Mengakibatkan perangkat tidak bekerja optimal.
 - b. Minimnya perawatan: Debu atau karat pada komponen dapat mengurangi sensitivitas perangkat.
6. Perkembangan Teknologi MCB dan ELCB Modern

Teknologi terkini telah mengembangkan MCB dan ELCB yang dilengkapi dengan fitur pintar, seperti:

- a. Pemantauan via aplikasi: Mendeteksi kebocoran arus atau arus lebih secara *real-time*.
- b. Fitur *self-resetting*: Memungkinkan perangkat kembali bekerja setelah mengatasi masalah tanpa perlu intervensi manual.

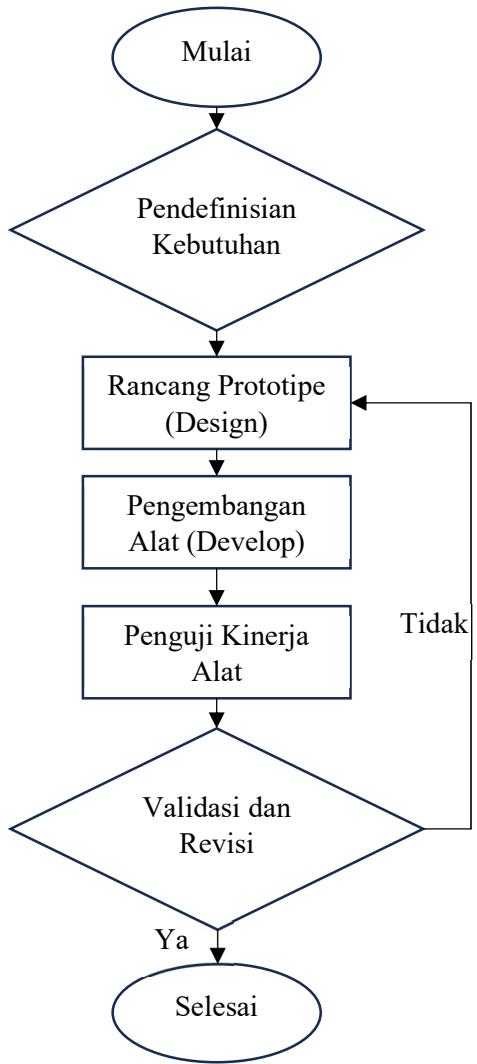
BAB III

METODE PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan 4D (*Define, Design, Develop, Disseminate*). Dalam penelitian ini, tahap *Disseminate* tidak dilakukan karena fokus penelitian dibatasi hanya sampai pada tahap pengembangan (*Develop*). Tahap ini tidak dilanjutkan mengingat keterbatasan waktu penelitian yang tersedia. Oleh karena itu, rekomendasi untuk tahap *Disseminate* diarahkan pada penelitian selanjutnya agar alat peraga MCB dan ELCB ini dapat disebarluaskan ke lingkungan pendidikan lain atau diproduksi dalam skala lebih besar untuk mendukung pembelajaran teknik elektro secara luas.

Metode ini dipilih karena sistematikanya yang jelas dalam mengarahkan proses pengembangan produk, mulai dari analisis kebutuhan hingga evaluasi hasil. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menguji kelayakan alat peraga MCB dan ELCB sebagai media pembelajaran instalasi listrik, khususnya dalam memahami proteksi arus lemah dan kebocoran arus.



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

Penjelasan alur berdasarkan gambar diagram di atas dapat dirinci sebagai berikut:

1. Mulai (Start)

Penelitian dimulai dengan menentukan masalah atau kebutuhan yang menjadi dasar dilakukannya penelitian.

2. Keputusan Awal (Decision)

Tahap ini menentukan apakah informasi atau data yang dibutuhkan sudah tersedia:

- a. Jika *Ya*, penelitian melompat langsung ke langkah berikutnya.
 - b. Jika *Tidak*, dilakukan langkah pengumpulan data terlebih dahulu.
3. Langkah Pengumpulan dan Analisis Data
- Terdapat beberapa proses yang dilakukan bertahap, seperti:
- a. Pengumpulan Data: Mencari dan mengumpulkan data yang relevan melalui survei, eksperimen, atau sumber lain.
 - b. Pengolahan Data: Melakukan analisis atau pemrosesan terhadap data yang telah dikumpulkan agar menghasilkan informasi yang dapat digunakan.
 - c. Validasi Data: Memastikan hasil data yang diolah sesuai dengan tujuan penelitian.

4. Keputusan Akhir (Decision)

Setelah data diproses, dilakukan evaluasi untuk menentukan apakah hasilnya sudah memenuhi tujuan penelitian:

- a. Jika *Ya*, proses penelitian dilanjutkan ke tahap akhir.
 - b. Jika *Tidak*, kembali ke proses pengumpulan atau pengolahan data untuk memperbaiki hasil.
- #### 5. Selesai (End)

Penelitian diakhiri setelah tujuan tercapai, dan semua hasil didokumentasikan dengan baik.

Proses penelitian melibatkan tahap perancangan prototipe, pengujian performa alat, dan validasi oleh ahli media dan materi untuk memastikan bahwa alat ini relevan dan efektif dalam konteks pembelajaran. Tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. *Define* (Kebutuhan)

Tahap ini bertujuan untuk memahami kebutuhan yang mendasari pengembangan alat peraga serta menentukan tujuan utama penelitian. Langkah-langkahnya meliputi:

- a. Analisis masalah

Melakukan kajian terhadap kurangnya pemahaman mahasiswa teknik elektro mengenai konsep proteksi

listrik, terutama pada perangkat MCB dan ELCB. Analisis ini dilakukan berdasarkan observasi di kelas dan wawancara dengan dosen dan mahasiswa.

b. Kajian literatur dan observasi

Melakukan tinjauan pustaka untuk memahami prinsip kerja MCB dan ELCB, serta relevansi perangkat ini dalam pembelajaran teknik elektro. Literatur yang digunakan mencakup buku teks, jurnal ilmiah, dan standar internasional terkait proteksi listrik.

c. Penentuan spesifikasi alat

Menyusun spesifikasi awal alat peraga berdasarkan kebutuhan, dapat dilihat pada table 3.1.

Tabel 3. 1 Daftar komponen dan spesifikasi

No	Nama Komponen	Spesifikasi	Jumlah	Fungsi Komponen
1	Miniature Circuit Breaker	4 Ampere	1	Proteksi terhadap arus lebih
2	Earth Leakage Circuit Breaker	25 Ampere	1	Proteksi terhadap kebocoran arus listrik

3	Konektor IEC320	Terminal IEC	1	Terminal koneksi untuk sumber daya listrik
4	Stop Kontak	220 V	1	Terminal koneksi untuk mendeteksi arus lebih dan kebocoran arus
5	Saklar	Saklar 1P	1	Mengontrol aliran listrik ke Lampu Indikator
6	Resistor	100KΩ	1	digunakan sebagai pembagi tegangan atau untuk membatasi arus ke nilai tertentu.
7	Resistor	47KΩ	1	digunakan sebagai pembagi tegangan atau untuk membatasi arus ke nilai tertentu.
8	Kabel Listrik	0.5 mm	4 meter	Menyambungkan komponen alat

9	Kabel Adaptor	0.5 mm	1	Masukan arus dari sumber PLN
10	Socket Banana dan Jack Banana	Modular	20 pasang	Koneksi modular untuk memudahkan pemasangan dan pengujian
11	Lampu Indikator	Lampu LED	1	Menunjukkan adanya arus listrik
12	Papan Kayu (Board)	Kayu	1	Sebagai dudukan komponen untuk pemasangan stabil

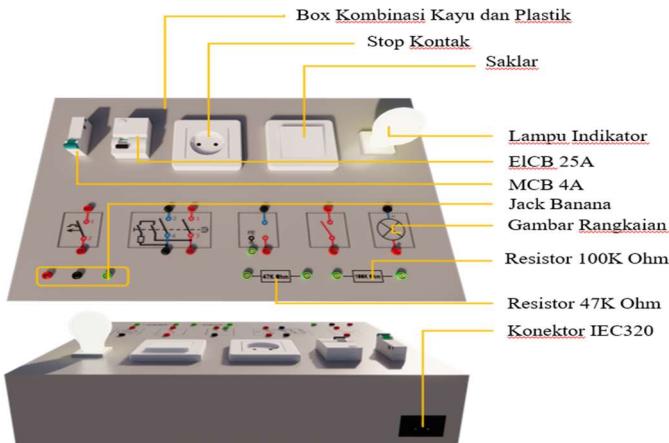
2. *Design* (Portotipe)

Tahap ini berfokus pada pembuatan prototipe alat peraga yang sesuai dengan kebutuhan yang telah ditentukan.

Langkah-langkahnya meliputi:

a. Pembuatan desain alat

Merancang tata letak komponen alat peraga, seperti MCB, ELCB, lampu indikator, saklar, kabel dan memilih bahan yang aman dan sesuai standar kelistrikan.



Gambar 3. 1 Desain Alat MCB dan ELCB

b. Penyusunan instrumen validasi

Membuat lembar validasi ahli untuk menilai alat dari aspek desain, fungsionalitas, keamanan, dan relevansi pembelajaran.

c. Pengujian awal dan revisi

- 1) Menguji prototipe awal untuk memastikan desain sesuai spesifikasi.
- 2) Melakukan revisi berdasarkan hasil pengujian awal.

3. *Develop* (Pengembangan)

Tahap ini bertujuan untuk memastikan alat peraga valid dan layak digunakan melalui uji coba dan evaluasi. Langkah-langkahnya meliputi:

- a. Validasi oleh ahli
 - 1) Melibatkan dua ahli di bidang pendidikan teknik elektro untuk menilai kelayakan alat menggunakan lembar validasi.
 - 2) Validator memberikan masukan dan saran untuk perbaikan alat.
- b. Revisi berdasarkan validasi
Memperbaiki alat peraga berdasarkan saran validator, misalnya pada aspek keamanan dan fungsi.
- c. Uji kinerja alat
Menguji alat peraga melalui simulasi langsung untuk mengevaluasi performa, efisiensi waktu, dan kemudahan penggunaan.

B. Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi penelitian ini mencakup semua alat peraga yang dirancang untuk keperluan simulasi instalasi listrik, dengan fokus pada perangkat MCB dan ELCB. Populasi juga mencakup

ahli di bidang media pembelajaran dan materi pendidikan teknik elektro.

Sampel dalam penelitian ini terdiri dari dua kelompok utama, yaitu ahli media dan ahli materi, yang dilibatkan untuk proses validasi alat peraga. Validasi dilakukan oleh dua orang ahli media dan dua orang ahli materi yang dipilih berdasarkan kompetensi dan pengalaman mereka di bidang teknik elektro dan pendidikan. Selain itu, uji alat dilakukan oleh peneliti sendiri dengan menggunakan alat peraga MCB dan ELCB untuk memastikan bahwa alat tersebut berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang dirancang. Proses uji alat mencakup simulasi proteksi arus lebih dan kebocoran arus.

C. Instrumen Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan beberapa instrumen untuk mengumpulkan data yang berkaitan dengan kepraktisan dan keefektifan penggunaan alat peraga MCB dan ELCB pada pembelajaran mata kuliah Instalasi Listrik. Instrumen-instrumen tersebut adalah sebagai berikut:

1. Uji hasil kinerja alat

Lembar uji digunakan untuk mencatat performa alat selama sesi praktik, seperti kemampuan alat dalam memutuskan arus saat terjadi simulasi arus lebih atau

kebocoran arus. Data uji mencakup durasi respon alat, keberhasilan dalam simulasi, dan kendala teknis yang muncul selama pengujian.

Tabel 3. 2 kisi-kisi lembar uji kinerja alat

No	Parameter Uji	Indikator Keberhasilan	Metode Pengujian	Hasil yang Diharapkan
1	Respon terhadap arus lebih	MCB memutuskan arus listrik saat terjadi arus lebih	Simulasi arus lebih	
2	Respon terhadap kebocoran arus	ELCB memutuskan arus pada ambang batas 30 mA	Simulasi kebocoran arus	
3	Ketahanan mekanis	Alat tetap berfungsi setelah diuji hingga 50 siklus	Pengujian siklus kerja	
4	Akurasi lampu indikator	Lampu indikator menyala/mati sesuai kondisi alat	Pengamatan visual	
5	Respon alat terhadap resistor	Tidak memutus arus pada hambatan tinggi (100kΩ)	Simulasi menggunakan resistor	

6	Respon alat terhadap resistor	Tidak memutus arus pada hambatan tinggi ($47\text{k}\Omega$)	Simulasi menggunakan resistor	
---	-------------------------------	--	-------------------------------	--

2. Validitas Alat Peraga

Validitas instrumen diuji menggunakan validitas isi, yaitu memastikan bahwa setiap indikator yang diukur relevan dengan tujuan penelitian. Validator memberikan penilaian menggunakan skala 1–4 (1 = Tidak Valid, 2 = Kurang Valid, 3 = Valid, dan 4 = Sangat Valid) pada lembar validasi yang mencakup aspek tabel 3.2 dan table 3.3 berikut.

Tabel 3. 3 kisi-kisi validasi ahli media

No	Aspek yang Diamati	Skala Penilaian
1	Tampilan dan Desain Media: Visualisasi, tata letak, ergonomi, dan keamanan desain alat.	1–4
2	Kemudahan Penggunaan: Kemudahan alat dioperasikan	1–4

	oleh mahasiswa dengan berbagai tingkat pemahaman.	
3	Fungsionalitas dan Kinerja: Kemampuan alat dalam mensimulasikan kondisi nyata dan memenuhi standar keselamatan.	1–4
4	Keamanan: Perlindungan terhadap pengguna selama penggunaan alat.	1–4
5	Relevansi Pembelajaran: Kesesuaian alat dengan tujuan pembelajaran dan materi mata kuliah.	1–4
6	Inovasi dan Kreativitas: Inovasi yang ditawarkan alat dalam mendukung pembelajaran.	1–4
7	Kualitas Keseluruhan: Efektivitas alat sebagai media pembelajaran.	1–4

Tabel 3. 4 kisi-kisi validasi ahli materi

No	Butir Pertanyaan	Skala Penilaian
1	Alat peraga ini dipercaya dapat mempermudah mahasiswa dalam memahami materi.	1–4
2	Alat peraga membantu mahasiswa dalam mengimplementasikan materi proteksi listrik.	1–4
3	Alat peraga dapat menambah wawasan pengetahuan mahasiswa.	1–4
4	Alat peraga ini dapat membantu mahasiswa dalam melakukan praktikum.	1–4
5	Alat peraga ini mampu menampilkan simulasi proteksi arus lebih dan kebocoran arus.	1–4
6	Alat peraga memberikan mahasiswa kesempatan belajar secara mandiri.	1–4

7	Penyampaian materi proteksi listrik kepada mahasiswa lebih cepat dan mudah dipahami.	1–4
8	Alat peraga dipercaya dapat menjadi alat bantu dalam pembelajaran instalasi listrik.	1–4
9	Alat peraga mencakup prinsip dasar proteksi listrik sesuai dengan teori yang berlaku.	1–4
10	Materi proteksi listrik yang disajikan sesuai dengan kebutuhan pembelajaran mahasiswa teknik elektro.	1–4
11	Komponen pada alat peraga ini telah dirancang sesuai fungsi teknisnya.	1–4
12	Alat peraga memberikan simulasi yang aman sesuai prosedur keselamatan kelistrikan.	1–4
13	Alat ini membantu mahasiswa memahami hubungan antara arus, tegangan, dan proteksi listrik.	1–4

14	Alat peraga dapat digunakan untuk mengevaluasi keberhasilan atau kegagalan simulasi proteksi listrik.	1–4
15	Alat ini dapat menjadi dasar untuk penelitian lebih lanjut di bidang instalasi listrik.	1–4

Kriteria untuk memenuhi Tingkat hasil yang diperoleh dari validasi dapat dilihat dari Table 3.5 berikut :

Tabel 3. 5 kriteria jawaban dan skor pernilaian

Kriteria Jawaban	Kriteria Nilai/Skor
Sangat Valid	4
Valid	3
Tidak Valid	2
Sangat Tidak Valid	1

Validator juga memberikan komentar dan saran untuk perbaikan alat peraga serta keputusan akhir mengenai

kelayakan penggunaannya (layak digunakan, layak dengan revisi, atau tidak layak digunakan).

3. Reliabilitas instrumen

Reliabilitas diuji menggunakan metode Alpha Cronbach untuk menilai konsistensi data dari lembar observasi performa alat. Reliabilitas yang tinggi menunjukkan bahwa alat ini dapat digunakan dengan hasil yang konsisten di berbagai kondisi praktik.

D. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan secara sistematis untuk memperoleh informasi yang valid dan dapat diandalkan terkait pengembangan dan implementasi alat peraga MCB dan ELCB pada pembelajaran. Teknik yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Uji hasil kinerja alat

Pengamat mencatat performa alat selama sesi praktik. Uji ini mencakup aspek efisiensi waktu, kemampuan simulasi, kemudahan operasional, dan potensi kendala teknis.

2. Validasi

3. Proses validasi melibatkan pemberian lembar validasi kepada dua validator yang dipilih berdasarkan kompetensi mereka. Validator memberikan skor pada setiap indikator, memberikan komentar, dan saran perbaikan untuk menyempurnakan alat.

E. Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dari penelitian ini dianalisis secara sistematis dengan pendekatan kuantitatif dan kualitatif, sesuai dengan jenis data yang dikumpulkan dari berbagai instrumen penelitian. Proses analisis data dilakukan dalam beberapa tahap berikut:

1. Uji hasil kinerja alat

Data dari lembar uji dianalisis secara deskriptif untuk mengevaluasi performa alat. Analisis ini mencakup efisiensi waktu, keberhasilan simulasi, dan kendala teknis yang ditemukan selama pengujian.

2. Validasi

Hasil validasi oleh ahli dianalisis dengan menghitung skor rata-rata pada setiap indikator. Skor rata-rata ini dibandingkan dengan kriteria validasi untuk menentukan kelayakan alat.

- 1) Skor rata-rata dihitung dengan rumus:

$$Rata - rata = \frac{\text{Jumlah Skor Total}}{\text{Jumlah Validator}}$$

- 2) Kategorisasi validitas

Skor rata-rata dibandingkan dengan kriteria berikut untuk menentukan kategori validitas:

Tabel 3.5 Skor rata-rata Validitas

Nilai/Skor	Kriteria Skor
3,26–4,00	Sangat Valid
2,51–3,25	Valid
1,76–2,50	Kurang Valid
1,00–1,75	Tidak Valid

- 3) Analisis Kualitatif: Komentar dan saran dari validator dianalisis secara deskriptif untuk mengidentifikasi aspek yang perlu diperbaiki pada alat peraga.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Penelitian ini bertujuan membantu mahasiswa memahami konsep proteksi listrik, khususnya pada aspek proteksi arus lebih dan kebocoran arus. Penelitian melibatkan proses validasi alat oleh para ahli, uji coba oleh mahasiswa, dan pengujian teknis yang mendalam.

1. Deskripsi alat peraga MCB dan ELCB

Alat peraga MCB dan ELCB dikembangkan dengan tujuan membantu mahasiswa memahami konsep proteksi listrik, khususnya proteksi terhadap arus lebih dan kebocoran arus. Alat ini terdiri dari beberapa komponen utama, seperti Miniature Circuit Breaker (MCB), Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB), lampu indikator, saklar, kabel listrik, dan papan kayu sebagai dudukan. Alat ini dirancang agar ergonomis, mudah digunakan, dan aman, serta memberikan simulasi kondisi nyata dalam pemasangan proteksi listrik.

2. Desain hasil produk

Pengembangan alat peraga MCB dan ELCB dilakukan dengan tujuan utama menyediakan media pembelajaran yang praktis, aman, dan efektif dalam memahami proteksi arus lebih

serta kebocoran arus pada instalasi listrik. Desain produk ini tidak hanya mengutamakan aspek fungsionalitas, tetapi juga mempertimbangkan keamanan, kemudahan penggunaan, dan relevansi dengan kebutuhan pembelajaran teknik elektro.

Melalui proses pengembangan berbasis model 4D (Define, Design, Develop, Disseminate), desain alat ini telah melalui tahap perancangan hingga validasi untuk memastikan kelayakannya sebagai media edukasi. Berikut adalah rincian desain hasil produk:

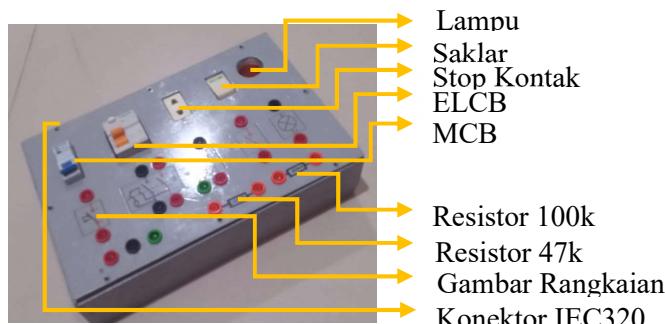
a. Desain fisik produk

1) Komponen Utama

a) Miniature Circuit Breaker (MCB): Berfungsi memutus arus listrik saat terjadi arus lebih atau korsleting. Komponen ini menjadi bagian penting dalam simulasi proteksi listrik.

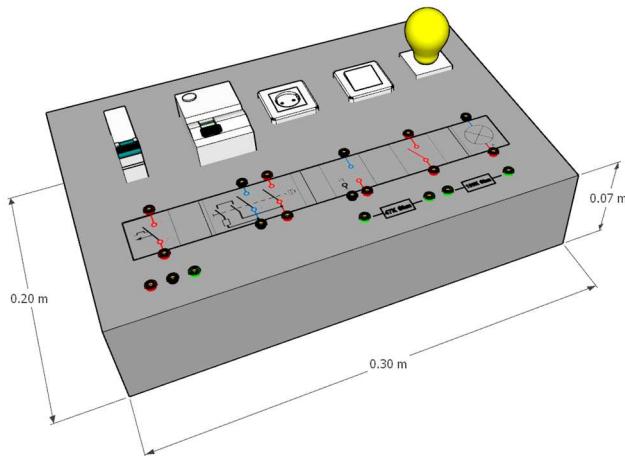
b) Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB): Digunakan untuk mendeteksi dan memutus arus listrik saat terjadi kebocoran arus, dengan ambang batas kebocoran 30 mA.

- c) Lampu Indikator: Menampilkan status aliran listrik melalui sinyal visual.
 - d) Resistor ($100\text{k}\Omega$ dan $47\text{k}\Omega$): Berfungsi sebagai hambatan tambahan untuk pengujian kebocoran arus.
 - e) Stop Kontak dan Konektor IEC320: Digunakan sebagai terminal koneksi listrik untuk simulasi nyata.
 - f) Papan Kayu (Board): Sebagai dudukan semua komponen untuk memastikan kestabilan dan ergonomi alat.
- 2) Tata Letak Komponen



Gambar 4. 1 tata letak komponen

- a) Komponen dirancang secara modular dan diletakkan pada papan kayu dengan pengaturan yang mudah dipahami.
 - b) Label dan simbol pada komponen membantu mahasiswa mengidentifikasi fungsi masing-masing bagian secara cepat.
 - c) Desain ergonomis memudahkan penggunaan di laboratorium dan memungkinkan simulasi berulang tanpa risiko kerusakan.
- a. Dimensi dan Bahan
- 1) Dimensi: Alat dirancang dengan ukuran yang cukup kompak untuk memudahkan mobilitas, namun cukup besar untuk memberikan visibilitas komponen secara jelas.
 - 2) Bahan: Menggunakan material tahan panas pada komponen listrik seperti konektor dan soket untuk meningkatkan keamanan.



Gambar 4. 2 ukuran alat

b. Diagram Rangkaian

Rangkaian alat mencakup hubungan antara MCB, ELCB, resistor, lampu indikator, dan sumber daya listrik. Diagram ini menggambarkan aliran listrik dari input hingga output dengan jalur yang aman dan terproteksi.

c. Desain Visual

Pemilihan warna kabel, lampu indikator, dan label komponen didesain untuk menarik perhatian pengguna sekaligus memudahkan identifikasi fungsi masing-masing komponen.

d. Inovasi

Alat ini menggabungkan simulasi proteksi arus lebih (MCB) dan kebocoran arus (ELCB) dalam satu perangkat. Indikator visual membantu mahasiswa memahami kondisi rangkaian dalam waktu nyata.

e. Kelengkapan Manual

Alat dilengkapi dengan manual pengguna untuk memastikan prosedur penggunaan yang aman dan tepat. Manual mencakup:

- 1) Panduan pemasangan dan penggunaan.
- 2) Prosedur pengujian.
- 3) Protokol keselamatan.



Gambar 4. 3 bentuk buku pentunjuk

1. Hasil uji kinerja alat

Uji kinerja dilakukan dengan simulasi proteksi arus lebih dan kebocoran arus. Berikut adalah hasil pengujian dapat dilihat pada table 4.3 beriku:

Tabel 4. 1 Hasil Uji Kinerja Alat

No	Parameter	Hasil	Keterangan
1	Respon terhadap arus lebih	MCB memutus dalam 0,9 detik	Memenuhi standar (<1 detik)
2	Respon terhadap kebocoran arus	ELCB memutus pada 30 mA	Memenuhi standar
3	Ketahanan mekanis	Berfungsi setelah 50 siklus	Tidak ada kerusakan mekanis
4	Akurasi lampu indikator	100% akurat	Indikator bekerja sesuai status alat
5	Respon alat terhadap kebocoran arus	Tidak memutus kebocoran arus	ELCB tidak memutus arus, sesuai kriteria

	resistor 100 kΩ		
6	Respon alat terhadap resistor 47 kΩ	Tidak memutus kebocoran arus	ELCB tidak memutus arus, sesuai kriteria

Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ini mampu berfungsi sesuai dengan spesifikasi teknis dan standar keamanan yang telah ditetapkan.

Tabel 4. 2 Pengukuran Kebocoran Arus Tanpa Hambatan tambahan

N o	Tegangan (V)	Hasil (Multimeter) (A)	Daya Manual (W)	Keterangan
1	220	0.005	1.1	Kebocoran kecil
2	220	0.01	2.2	Kebocoran sedang
3	220	0.015	3.3	Kebocoran cukup besar

Tabel 4. 3 Pengukuran Hambatan Kebocoran Arus

Resistor (Ω)	Tegangan (V)	Hasil (A)	Perhitun Manual (A)	Daya Manual (W)	Selisih Arus (%)
100k	220	0.0021	0.0022	0.484	4.5%
47k	220	0.0047	0.0047	1.030	0.4%

Berdasarkan hasil hitungan tanpa hambatan tambahan, kebocoran arus dan daya meningkat sesuai nilai arus. Dan dengan hambatan tambahan kebocoran arus terukur sangat kecil, dan hasil pengukuran multimeter konsisten dengan perhitungan manual. Selisih persentase lebih besar pada hambatan lebih tinggi ($100 \text{ k}\Omega$).

2. Hasil validasi oleh ahli

Sebelum digunakan dalam proses pembelajaran, alat peraga MCB dan ELCB yang dikembangkan divalidasi oleh empat ahli, yaitu dua ahli media dan dua ahli materi.

a. Validasi oleh ahli media

Validasi ini bertujuan untuk menilai kelayakan alat dari segi desain, fungsi, keamanan, serta relevansi dengan tujuan pembelajaran. Dari hasil dua validator direkapkan didalam table 4.1

Tabel 4. 4 Rincian Hasil Validasi Ahli Media

NO	B utir Penilaian	Kriteria		Nilai Rata-rata
		V1	V2	
1	Desain alat MCB dan ELCB menarik secara visual untuk digunakan dalam pembelajaran.	4	4	4
2	Tata letak komponen pada alat MCB dan ELCB mudah dipahami oleh mahasiswa.	4	4	4
3	Ukuran dan dimensi alat sesuai untuk digunakan dalam lingkungan kelas atau laboratorium.	4	4	4
4	Pemilihan warna, simbol, dan label pada komponen MCB dan ELCB membantu memahami fungsi masing-masing.	4	3	3.5
5	Alat memiliki desain yang ergonomis dan aman untuk digunakan mahasiswa.	4	1	2.5
6	Alat MCB dan ELCB mudah digunakan oleh mahasiswa tanpa memerlukan instruksi yang rumit.	4	3	3.5
7	Proses pengoperasian alat mudah dimengerti dan mendukung simulasi pembelajaran instalasi listrik.	4	4	4

8	Petunjuk penggunaan alat (manual) tersedia dan jelas untuk dipahami.	2	4	3
9	Alat dapat digunakan oleh mahasiswa dengan berbagai tingkat pemahaman instalasi listrik.	4	3	3.5
10	Alat dapat digunakan untuk pembelajaran mandiri maupun dalam kelompok.	4	4	4
11	Alat dilengkapi dengan sistem pengaman untuk mencegah kerusakan atau bahaya bagi pengguna.	4	4	4
12	Komponen alat memenuhi standar keamanan untuk pembelajaran listrik.	3	1	2
13	Tidak ada risiko yang membahayakan mahasiswa saat alat digunakan dalam simulasi.	3	1	2
14	Instruksi keselamatan alat dijelaskan dengan baik pada manual atau alat itu sendiri.	2	4	3
15	Penggunaan alat sesuai dengan standar keselamatan yang berlaku pada sistem instalasi listrik.	3	2	2.5
16	Penggunaan alat ini memastikan mahasiswa memahami prinsip dasar instalasi listrik dengan aman.	3	4	3.5

17	Penggunaan alat ini meminimalkan risiko saat mensimulasikan instalasi listrik.	4	2	3
18	Simulasi alat ini memberikan pemahaman mendalam tentang proteksi listrik yang aman.	4	4	4
19	Desain alat memastikan keselamatan pengguna, sehingga nyaman digunakan dalam pembelajaran.	4	2	3
20	Instruksi keselamatan alat mendukung pengalaman belajar yang aman dan efisien bagi mahasiswa.	4	4	4
21	Alat ini mendukung mahasiswa memahami teori kelistrikan melalui pendekatan berbasis praktik.	4	4	4
22	Alat ini relevan dengan capaian pembelajaran mata kuliah Instalasi Listrik.	4	4	4
23	Alat membantu mahasiswa memahami fungsi proteksi listrik pada instalasi listrik.	4	3	3.5
24	Alat ini meningkatkan motivasi belajar dengan pendekatan praktis dan aplikatif..	4	4	4
25	Alat ini membantu mahasiswa mengaplikasikan teori ke dalam praktik nyata.	4	4	4

26	Alat ini mengintegrasikan pendekatan inovatif dalam memahami prinsip dasar instalasi listrik.	4	4	4
27	Alat ini memberikan pengalaman baru dalam memahami capaian pembelajaran mata kuliah Instalasi Listrik.	4	4	4
28	Alat ini menggabungkan inovasi teknologi dalam simulasi proteksi listrik yang interaktif.	4	4	4
29	Penggunaan alat ini menciptakan pengalaman belajar yang inovatif dan kreatif bagi mahasiswa.	4	4	4
30	Alat ini memberikan kontribusi unik dalam pembelajaran instalasi listrik dengan metode baru.	4	3	3.5
31	Secara keseluruhan, alat ini efektif digunakan sebagai media pembelajaran.	4	4	4
32	Alat ini memberikan pengalaman belajar yang interaktif dan aplikatif bagi mahasiswa.	4	4	4
33	Alat ini layak direkomendasikan untuk digunakan dalam pembelajaran Instalasi Listrik.	4	4	4

34	Alat ini memberikan nilai tambah dalam proses pembelajaran dibandingkan metode konvensional.	4	4	4
35	Alat ini membantu mahasiswa memahami aplikasi MCB dan ELCB pada sistem instalasi listrik nyata.	4	4	4
Jumlah		132	120	126
Persentase		94%	86%	90%

Hasil hitungan persentase validasi ahli madia 1 :

$$\text{Persentase} = \frac{132}{140} \times 100\% = 94\%$$

Hasil hitungan persentase validasi ahli media 2 :

$$\text{Persentase} = \frac{120}{140} \times 100\% = 86\%$$

Hasil hitungan:

$$Rata - rata = \frac{94\% + 86\%}{2} = 90\%$$

Berdasarkan kategori validasi, alat peraga ini dinilai sangat valid dengan persentase kelayakan 90%. Validator menyatakan bahwa alat ini layak digunakan dengan revisi minor, yaitu :

- 1) Ahli Media 1: Bapak Musyidin, M.T.
 - a) Komentar: Alat peraga yang dirancang sudah cukup baik dan memenuhi tujuan pembelajaran. Namun, untuk meningkatkan kepraktisan penggunaannya, perlu ditambahkan petunjuk penggunaan yang lebih rinci dan jelas.
 - b) Saran: Buat manual atau panduan penggunaan yang meliputi langkah-langkah operasional, prosedur keselamatan, dan cara perawatan alat. Manual ini sebaiknya dibuat dalam bentuk cetak dan digital.
- 2) Ahli Media 2: Bapak Muhammad Ikhsan, M.T.
 - a) Komentar: Alat ini memiliki potensi yang besar dalam pembelajaran praktik instalasi listrik. Namun, terdapat beberapa aspek yang perlu diperhatikan dari sisi keamanan.
 - b) Saran: Ganti soket yang digunakan dengan jenis yang lebih aman, misalnya soket dengan pengaman tambahan atau berbahan material tahan panas untuk mengurangi risiko hubungan arus pendek.

b. Validasi oleh ahli materi

Validasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa alat peraga yang dikembangkan memenuhi standar kualitas, fungsionalitas, dan relevansi dengan tujuan pembelajaran. Validasi ini penting untuk menjamin bahwa alat dapat digunakan secara efektif dalam pendidikan teknik elektro. Berikut adalah hasil validasi materi dari hasil dua validator dapat dilihat dari table 4.2 berikut:

Tabel 4. 5 rincian hasil validasi ahli materi

No	Aspek	Skor V1	Skor V2	Nilai Rata-rata
1	Alat peraga ini dipercaya dapat mempermudah mahasiswa dalam memahami materi.	4	4	4
2	Alat peraga membantu mahasiswa dalam mengimplementasikan materi proteksi listrik.	3	4	3.5

3	Alat peraga dapat menambah wawasan pengetahuan mahasiswa.	4	4	4
4	Alat peraga ini dapat membantu mahasiswa dalam melakukan praktikum.	4	4	4
5	Alat peraga memberikan mahasiswa kesempatan belajar secara mandiri.	4	4	4
6	Penyampaian materi proteksi listrik kepada mahasiswa lebih cepat dan mudah dipahami.	3	4	3.5
7	Alat peraga dipercaya dapat menjadi alat bantu dalam pembelajaran instalasi listrik.	4	4	4

8	Alat peraga mencakup prinsip dasar proteksi listrik sesuai dengan teori yang berlaku.	4	3	3.5
	Materi proteksi listrik yang disajikan sesuai dengan kebutuhan pembelajaran mahasiswa teknik elektro.	3	4	3.5
10	Komponen pada alat peraga ini telah dirancang sesuai fungsi teknisnya.	4	4	4
11	Alat peraga memberikan simulasi yang aman sesuai prosedur keselamatan kelistrikan.	3	4	3.5
12	Alat ini membantu mahasiswa memahami hubungan antara arus,	4	4	4

	tegangan, dan proteksi listrik.			
13	Alat peraga dapat digunakan untuk mengevaluasi keberhasilan atau kegagalan simulasi proteksi listrik.	3	4	3.5
14	Alat ini dapat menjadi dasar untuk penelitian lebih lanjut di bidang instalasi listrik.	4	4	4
Jumlah		51	55	53
Persentase		91%	98%	95%

Hasil hitungan persentase validasi ahli materi 1 :

$$\text{Persentase} = \frac{51}{56} \times 100\% = 91\%$$

Hasil hitungan persentase validasi ahli materi 2 :

$$\text{Persentase} = \frac{55}{56} \times 100\% = 98\%$$

Hasil hitungan rata-rata :

$$Rata - rata = \frac{91\% + 98\%}{2} = 95\%$$

Berdasarkan penilaian terhadap alat peraga yang dikembangkan, terdapat 14 aspek yang dievaluasi oleh dua ahli. Skor yang diberikan menghasilkan rata-rata nilai keseluruhan sebesar 95%, yang mencerminkan tingkat keefektifan alat peraga ini dalam mendukung pembelajaran mahasiswa teknik elektro.

Temuan utama:

- 1) Kelebihan: Alat ini memberikan simulasi proteksi arus lebih dan kebocoran arus yang sesuai dengan teori.
- 2) Rekomendasi: Tambahkan informasi lebih rinci pada manual alat terkait prosedur keselamatan.

B. Pembahasan

Penelitian ini bertujuan mengembangkan dan menguji kelayakan alat peraga MCB dan ELCB sebagai media pembelajaran instalasi listrik, terutama dalam aspek proteksi arus lebih dan kebocoran arus. Hasil penelitian menunjukkan

bahwa alat ini memiliki tingkat validasi yang sangat baik dari segi desain, fungsi, keamanan, dan relevansi pembelajaran. Hasil validasi oleh ahli media mencapai 90%, sementara ahli materi memberikan nilai validasi sebesar 95%. Validasi ini menunjukkan bahwa alat peraga MCB dan ELCB memenuhi kriteria sebagai media pembelajaran yang layak dan efektif.

Alat peraga ini dirancang dengan komponen utama seperti Miniature Circuit Breaker (MCB), Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB), lampu indikator, resistor, konektor, dan papan kayu sebagai dudukan. Desain alat ini memperhatikan aspek ergonomis dan keamanan, memastikan bahwa alat mudah digunakan oleh mahasiswa tanpa risiko bahaya. Hasil pengujian teknis juga menunjukkan bahwa alat mampu mensimulasikan proteksi arus lebih dengan respon MCB memutus arus dalam waktu 0,9 detik dan proteksi kebocoran arus dengan ELCB memutus arus pada ambang batas 30 mA, sesuai standar keselamatan listrik.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa:

1. Alat peraga MCB dan ELCB yang dikembangkan sangat layak digunakan sebagai media pembelajaran, dengan tingkat validasi oleh ahli mencapai 90% (media) dan 95% (materi).
2. Alat ini mampu mensimulasikan proteksi arus lebih dan kebocoran arus sesuai standar keamanan, menjadikannya relevan untuk pembelajaran praktikum kelistrikan.
3. Hasil pengujian teknis menunjukkan bahwa alat peraga berfungsi sesuai spesifikasi, aman digunakan, dan memberikan pengalaman langsung kepada mahasiswa dalam memahami prinsip kerja MCB dan ELCB.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis, peneliti memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Saran untuk Pengembangan Alat

- a. Perlu ditambahkan fitur indikator digital atau sistem alarm untuk memudahkan deteksi arus lebih dan kebocoran arus secara lebih interaktif.
 - b. Penggunaan bahan yang lebih ringan dan portabel agar alat peraga lebih mudah dipindahkan dan digunakan di berbagai ruang praktik.
2. Saran untuk Penerapan dalam Pembelajaran
- a. Alat peraga ini sebaiknya digunakan secara rutin dalam praktikum instalasi listrik untuk meningkatkan keterampilan teknis mahasiswa.
 - b. Perlu dibuatkan manual atau panduan penggunaan yang lebih detail, serta video simulasi untuk memudahkan pemahaman mahasiswa sebelum praktik.
3. Saran untuk Peneliti Selanjutnya
- a. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan alat peraga dengan teknologi Internet of Things (IoT) untuk mendukung pembelajaran jarak jauh dan pemantauan proteksi listrik secara real-time.

- b. Uji coba alat peraga sebaiknya dilakukan pada sampel mahasiswa yang lebih besar untuk memperoleh data yang lebih representatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Arief, S., & Syaifullah, M. (2021). Efektivitas alat peraga dalam pembelajaran teknik elektro. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 10(2), 112–123.
- Arasyad, A. (2019). *Media Pembelajaran*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). (2023). *Laporan Tahunan Kecelakaan Listrik di Indonesia*. Jakarta: BNPB.
- Hendra. (2024). *Perancangan Prototipe Pendekripsi Arus Bocor Berbasis Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB)*.
- IEC Standards. (2020). *Standard Guidelines for Electrical Installation*. International Electrotechnical Commission.
- Kompas. (2022, Desember 15). Kebakaran di Universitas Abulyatama Banda Aceh Diduga Akibat Korsleting Listrik. Diakses dari <https://www.kompas.com/>

- Kusnadi, A. (2021). Keamanan pembelajaran praktik teknik listrik di laboratorium. *Jurnal Keselamatan Kerja*, 9(2), 34–40.
- Munir, M. (2019). *Pentingnya Pengenalan MCB dan ELCB dalam Pembelajaran Teknik Elektro di Perguruan Tinggi*. Banda Aceh: UIN Ar-Raniry Press.
- Nguyen, T., & Ogawa, Y. (2020). *Technology and Pedagogy in Engineering Education*. Tokyo University Press.
- Prasetyo, E. (2022). Keterampilan mahasiswa dalam penggunaan media pembelajaran teknik. *Jurnal Pendidikan Teknik*, 9(1), 45–53.
- Rahmat, A. (2020). Pengaruh penggunaan alat simulasi instalasi listrik terhadap pemahaman mahasiswa teknik elektro. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*. Jakarta.
- Rahmat, F. (2022). Motivasi siswa dalam pembelajaran interaktif menggunakan alat peraga. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 6(3), 50–57.
- Ridwan, M. (2018). *Keselamatan Kerja dalam Sistem Elektrik*. Yogyakarta: Andi Offset.

- Schneider Electric Indonesia. (2021). *Product Catalog: Miniature Circuit Breaker (MCB) and Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB)*.
- Sudjana, N., & Rivai, A. (2009). *Media Pengajaran: Penggunaan dan Pembuatannya*. Bandung: Sinar Baru Algensindo.
- Suhendra, B. (2020). Analisis kinerja ELCB dalam sistem kelistrikan rumah tangga untuk mencegah sengatan listrik dan kebakaran. *Jurnal Teknik Listrik*. Surabaya.
- Sutrisno, T. (2019). Efektivitas media alat peraga dalam pendidikan teknik. *Jurnal Pendidikan Teknologi*, 4(1), 15–22.
- Susanto, B. (2021). *Dasar-Dasar Keselamatan Listrik*. Jakarta: Penerbit Teknik Elektro.
- Suyitno, A. (2012). *Inovasi Media Pembelajaran Interaktif*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya Press.
- Wahyudi, R., & Setyawan, H. (2019). Pemanfaatan alat proteksi listrik untuk keselamatan pengguna. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Elektro*, 8(2), 102–115.

- Wahyudi, S. (2023). Studi kasus penggunaan alat peraga MCB dan ELCB di laboratorium pendidikan. *Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 12(1), 77–85.
- Wibowo, D., & Santoso, R. (2020). Penggunaan simulator sirkuit dalam pendidikan teknik elektro. *Jurnal Teknologi Elektro*, 15(2), 112-118.
- Yuliana, I. (2021). Analisis biaya pengadaan alat peraga pendidikan teknik. *Jurnal Ekonomi Pendidikan*, 8(3), 80-89.