

Desain *Trainer Phase Sequence Protector* Untuk Praktikum Dasar Energi Listrik

Ahmad Al Ghifari Muslim^{1*)}, Sadrina²⁾, dan Muhammad Ikhsan³⁾

^{1, 2, 3)}Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, Jalan Syekh Abdul Rauf Darussalam, Banda Aceh 2311, Indonesia

*Corresponding author E-mail: 20211036@student.ar-raniry.ac.id

ABSTRACT

This study aims to develop a Phase Sequence Protector trainer as a learning medium for the Basic Electrical Energy practicum. The trainer is designed to support students in understanding the principle of phase sequence detection in three-phase systems, addressing the limited availability of practical media that can simulate phase sequence conditions safely and realistically. The research adopts a Research and Development (R&D) approach using the 4D development model, consisting of the define, design, and develop stages. During the validation process, a Likert-scale assessment instrument was employed to obtain quantitative evaluations of the product's feasibility. Validation was carried out by two media experts and two design experts. The results indicate that the trainer achieved a feasibility percentage of 90.5% for media aspects and 91.65% for design aspects, both categorized as Highly Feasible. Functionally, the trainer successfully detects various phase sequence conditions and provides accurate indicator responses. In conclusion, the Phase Sequence Protector trainer is considered suitable for use as an instructional medium and effective in helping students comprehend phase sequence concepts more concretely and applicatively. This product also holds potential for further development as a supporting learning tool in three-phase electrical system courses.

Keywords: Phase sequence, learning media, electrical trainer, three-phase system, protector.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan desain trainer Phase Sequence Protector sebagai media pembelajaran pada praktikum Dasar Energi Listrik. Alat ini dirancang untuk membantu mahasiswa memahami prinsip pendeteksian urutan fasa pada sistem tiga fasa, mengingat masih terbatasnya media praktik yang dapat mensimulasikan kondisi urutan fasa secara nyata dan aman. Penelitian menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan model pengembangan 4D, yang meliputi tahap pendefinisian, perancangan, dan pengembangan. Pada tahap validasi, instrumen penilaian skala Likert digunakan untuk memperoleh gambaran kuantitatif mengenai tingkat kelayakan produk. Validasi dilakukan oleh dua ahli media dan dua ahli desain. Hasil validasi menunjukkan bahwa trainer memperoleh persentase kelayakan 90,5% pada aspek media dan 91,65% pada aspek desain, yang keduanya berada pada kategori Sangat Layak. Secara fungsional, trainer mampu mendeteksi variasi urutan fasa dengan baik dan memberikan respon indikator yang sesuai. Kesimpulannya, trainer Phase Sequence Protector ini dinilai layak digunakan sebagai media pembelajaran dan efektif dalam membantu mahasiswa memahami konsep urutan fasa secara lebih konkret dan aplikatif. Produk ini juga berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai media pendukung pembelajaran pada bidang kelistrikan tiga fasa.

Kata Kunci: Phase sequence, media pembelajaran, trainer listrik, tiga fasa, proteksi.

I. PENDAHULUAN

Di era kemajuan pesat dan tuntutan manusia yang terus meningkat ini, teknologi semakin terintegrasi ke dalam semua aspek kehidupan untuk membantu manusia beradaptasi dan berkembang di tengah perubahan yang terus terjadi. Inovasi teknologi terus berkembang dan berpotensi memberikan dampak yang signifikan terhadap sektor industri, yang merupakan pilar utama pertumbuhan ekonomi dan pembangunan berkelanjutan. Dalam ranah industri, penerapan teknologi meluas, terutama di bidang elektronik dan listrik, yang berfungsi sebagai sumber energi utama untuk mendorong proses produksi.

Energi listrik merupakan salah satu sumber energi yang paling banyak digunakan oleh masyarakat di seluruh dunia, dengan berbagai aplikasi mulai dari sektor pendidikan dan infrastruktur publik hingga penggunaan rumah tangga. Agar kinerjanya optimal, semua peralatan listrik harus menjaga kualitas daya yang tinggi, termasuk tegangan, arus, dan frekuensi yang stabil. Untuk memastikan kualitas ini, sistem kelistrikan harus dilengkapi dengan perangkat pelindung yang dirancang untuk melindungi peralatan yang sensitif. Jenis perlindungan listrik yang umum meliputi perlindungan tegangan, arus, frekuensi, dan hubung singkat. Perangkat ini membantu mencegah kerusakan yang disebabkan oleh gangguan listrik. Oleh karena itu, penerapan perlindungan listrik yang tepat sangatlah penting. Lebih lanjut, Perusahaan

Listrik Negara (PLN) telah menetapkan standar untuk penyimpangan tegangan yang dapat diterima, dengan toleransi +10% dan -5% [1].

Sistem 3 fasa banyak digunakan instalasi industri dan peralatan berdaya besar. Salah satu aspek penting pada sistem ini adalah urutan fasa atau *phase sequence*, yang menentukan arah putaran motor induksi dan kestabilan sistem secara keseluruhan [2]. Kesalahan dalam pengkabelan urutan fasa dapat menyebabkan motor berputar terbalik, kerusakan komponen, hingga bahayanya keselamatan.

Untuk menghindari dari kesalahan tersebut, industri dapat menggunakan alat yang disebut *phase sequence protector*. Alat ini fungsinya untuk mendeteksi dan dapat melindungi sistem kesalahan urutan fasa. Namun masih ada pengguna yang belum dapat memahami dari prinsip kerja alat ini yang dikarenakan terbatasnya media pembelajaran yang tersedia. Maka dari itu diperlukannya sebuah trainer sebagai media pembelajaran praktik yang dirancang secara khusus untuk mensimulasikan fungsi dari *phase sequence protector*. Sehingga nantinya dapat dipraktikkan secara langsung, memahami prinsip kerja, serta mengenal berbagai kondisi kelistrikan secara nyata dan aman.

Trainer adalah alat peraga atau alat bantu dalam pembelajaran yang digunakan oleh pendidik atau peneliti untuk meningkatkan pengalaman belajar. Dengan bantuan trainer, proses pembelajaran dapat menjadi lebih efisien dan menarik. Alat bantu pembelajaran ini memainkan peran penting selama sesi praktik dengan membantu peserta didik memahami konsep yang rumit dengan lebih jelas dan memungkinkan mereka untuk berpartisipasi aktif dalam kegiatan praktik dari awal hingga akhir. *Trainer* berfungsi sebagai jembatan antara pengetahuan teoritis dan aplikasi di dunia nyata, yang bertujuan untuk memperkuat keterampilan siswa, khususnya di bidang instalasi tenaga listrik tiga fase [3].

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui cara merancang desain *trainer phase sequence protector* untuk praktikum dasar energi listrik dan untuk mengetahui hasil uji kelayakan desain *trainer phase sequence protector* untuk praktikum dasar energi listrik.

Beberapa penelitian terdahulu diantaranya, Yayan Maulana, dengan judul “Desain *Trainer Inverter 3 Fasa Untuk Pratikum Elektronika Daya Di Program Studi Pendidikan Teknik Elektro*” tahun 2023. Penelitian ini lebih terfokus kepada perancangan trainer 3 fasa yang menggunakan MOSFET dan driver IR2184M untuk keperluan praktikum elektronika daya [4]. Kemudian M. Fauzan Arrayan, dengan judul “Desain *Trainer Sinkronoskop 3 Fasa untuk Operasi Paralel Generator Induksi Dengan Jaringan Listrik*” tahun 2025. Penelitian ini fokusnya terhadap pembuatan trainer sinkronoskop untuk membantu mahasiswa memahami prinsip kerja sinkronoskop generator induksi dengan jaringan listrik [5]. Untuk yang terakhir Muhammad Yusaldi, dengan judul “Desain *Trainer Penyearah Terkendali 3 Fasa Untuk Mata Kuliah Elektronika Daya*” tahun 2023. Penelitian ini merancang sebuah media trainer penyearah 3 fasa menggunakan thyristor disetiap aliran listriknya, yang nanti nya dapat merubah aliran listriknya tinggi menjadi aliran listrik rendah [6].

Penelitian ini berbeda dari penelitian sebelumnya karena fokusnya adalah membuat *trainer Phase Sequence Protector* untuk kebutuhan praktikum Dasar Energi Listrik.

Sementara penelitian terdahulu lebih banyak membahas trainer inverter, sinkronoskop, atau penyearah tiga fasa, penelitian ini justru menekankan pada alat yang dapat menunjukkan proteksi urutan fasa. Karena itu, penelitian ini memberikan tambahan baru dalam pembelajaran kelistrikan tiga fasa.

II. METODE

Pada penelitian ini peneliti membuat sebuah desain trainer atau alat peraga yang bertujuan untuk dapat mendeteksi urutan fasa (*phase sequence*) untuk sistem 3 fasa, oleh sebab itu rancangan yang akan digunakan menggunakan metode R&D (*Research and Development*) yang merupakan sebuah proses atau langkah-langkah dalam membuat atau merancang sebuah produk baru atau menyempurnakan produk yang sudah ada. Dengan pemakaian tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa R&D (*Research and Development*) adalah sebuah metode penelitian yang tujuannya untuk merancang atau menghasilkan sebuah produk tertentu [7].

Dalam dunia pendidikan, produk yang dihasilkan dari penggunaan metode penelitian R&D diharapkan dapat bisa meningkatkan inventivitas pendidikan, salah satunya melahirkan lulusan berkualitas, kuantitas, dan relevan sesuai dengan kebutuhan [8].

Pada hakikatnya, setiap definisi memiliki maknanya masing-masing, namun tidak jarang makna-makna tersebut disalahpahami. Untuk menghindari salah tafsir dan agar tujuan serta ruang lingkup penelitian ini dapat tersampaikan dengan jelas, maka peneliti memberikan definisi operasional yang berkaitan dengan judul penelitian. Definisi operasionalnya adalah sebagai berikut:

- Desain, mengacu pada proses merumuskan ilustrasi atau urutan yang mewakili proyek atau produk yang akan dikembangkan [9].
- *Trainer*, merupakan sebuah perangkat atau alat peraga yang digunakan untuk sebuah simulasi dan pelatihan praktis terkait dengan sistem kelistrikan. *Trainer* sering kali digunakan di lingkungan pendidikan atau pelatihan profesional untuk membantu siswa atau peserta dalam memahami konsep, operasi dan masalah dalam sistem kelistrikan.
- *Phase Sequence Protektor* atau proteksi urutan fasa merupakan sebuah alat perlindungan untuk memastikan urutan fasa yang benar dalam sistem tiga fasa. Relai proteksi ini sering digunakan untuk mendeteksi dan mencegah kerusakan yang disebabkan oleh urutan fasa yang terbalik atau salah pada sistem tiga fasa.
- Sistem 3 fasa, sistem kelistrikan tiga fase adalah suatu pengaturan yang menggunakan tiga sumber tegangan arus bolak-balik (AC). Sistem ini menggunakan jaringan listrik yang terdiri dari kabel tiga fase (R, S, T) beserta kabel netral. Motor listrik tiga fase adalah suatu perangkat yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, mengubah masukan listrik menjadi keluaran mekanik.[10]

Proses dalam mendesain melibatkan beberapa tahap setelah analisis siklus pengembangan sistem, mulai dari mengidentifikasi persyaratan fungsional dan menguraikan bagaimana sistem tersebut terstruktur. Proses ini dapat

mencakup pembuatan ilustrasi, perencanaan, dan penataan berbagai komponen individual menjadi satu kesatuan yang kohesif dan fungsional [11].

Proses mendesain diantaranya adalah proses dimana berfikir untuk menciptakan perencanaan dengan langkah-langkah untuk menciptakan sesuatu yang menghasilkan sebuah karya dengan pengetahuan, kemampuan dan pengalaman yang dimiliki [12].

Dalam Metode Penelitian R&D ada beberapa jenis model, salah satunya model 4D. Model 4D ini adalah sebuah model dengan menggunakan pendekatan pengembangan yang sering digunakan pada bidang pendidikan dalam merancang dan mengembangkan produk pembelajaran, seperti media pembelajaran atau buku ajar, dan modul. Model 4D, yang diciptakan oleh Sivasailam Thiagarajan, Dorothy S. Semmel, dan Melvyn I. Semmel pada tahun 1974, terdiri dari empat fase utama, diantaranya *define* (pendefinisian), *design* (perancangan), *develop* (pengembangan), dan *disseminate* (penyebaran) [13].

Pada penelitian ini, peneliti hanya menggunakan tahap 1 sampai dengan tahap 3 dari peneliti 4D. Hal ini dikarenakan tahap ke-4 memerlukan penerapan dan penyebarluaskan hasil produk ke ruang lingkup yang lebih luas, sehingga peneliti ini hanya sampai tahap ketiga saja. Berdasarkan tahapan penelitian dan pengembangan 4D, hanya menggunakan beberapa dari tahapan yang diperlukan saja untuk membuat desain trainer phase sequence protector untuk sistem 3 fasa. Berikut penjelasan dari langkah-langkah pada penelitian 4D:

- *Define* (pendefinisian), pada tahapan ini peneliti mendefinisikan dari setiap kebutuhan dan tujuan dari mendesain trainer phase sequence protector untuk sistem 3 fasa.
- *Design* (perancangan), pada tahapan ini peneliti melakukan desain pada trainer atau alat peraga phase sequence protector untuk sistem 3 fasa.
- *Develop* (pengembangan), setelah melalui proses perancangan pada tahapan ini peneliti mengembangkan produk dan melakukan validasi hingga revisi.
- *Disseminate* (penyebrangan), menerapkan dan penyebarluaskan hasil produk ke ruang lingkup yang lebih luas.

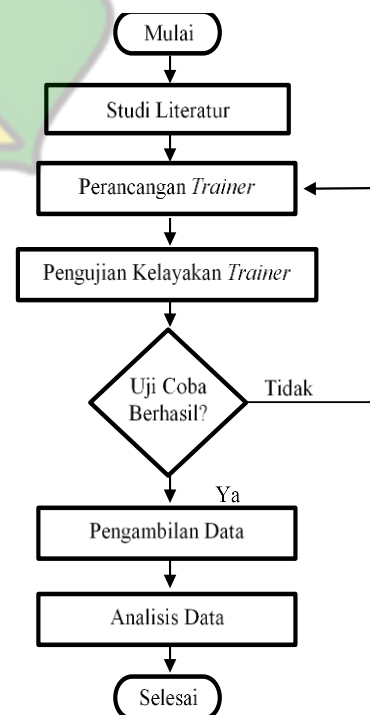
Dalam penelitian ini penerapan model 4D hanya dibatasi pada tahap uji coba produk saja, karena fokus peneliti hanya pada evaluasi kelayakan media *trainer* melalui pengujian. Penelitian ini memiliki *Flowchart* penelitian atau lebih dikenal dengan sebutan diagram alur adalah penggambaran dari setiap poin tahapan-tahapan kegiatan dalam proses penelitian secara terstruktur dan sistematis. *Flowchart* sangat membantu peneliti dalam membaca dan memahami setiap langkah-langkah kerja dari awal mulai sampai selesai dalam sebuah penelitian.

Pada Gambar 1 menggambarkan urutan langkah-langkah penelitian yang dilakukan oleh peneliti dari awal hingga akhir. Penjelasan rinci tentang urutan ini adalah sebagai berikut:

- Mulai : peneliti mencari informasi mengenai perlunya *phase sequence protector*, khususnya

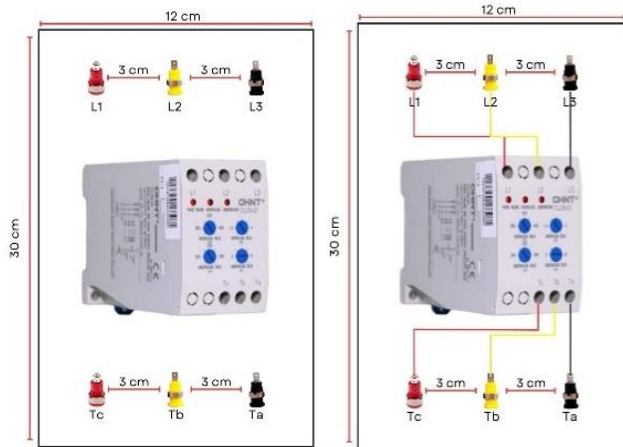
kurangnya perangkat yang mampu mendeteksi urutan fasa dalam sistem tiga fasa.

- Studi literatur : Peneliti mengumpulkan informasi dari berbagai sumber yang dapat diandalkan dan relevan, termasuk buku, jurnal, tesis, dan materi akademis lainnya, untuk membantu mengatasi masalah penelitian.
- Pada tahap perancangan trainer : peneliti membuat model desain alat *trainer phase sequence protector* untuk sistem 3 fasa yang sesuai dengan yang dibutuhkan peneliti.
- Pada tahap pembuatan *trainer* : peneliti mendesain *trainer phase sequence protector* untuk sistem 3 fasa yang dapat di lepas dan pasang, yang dapat membantu peneliti dalam melakukan praktik langsung. Tujuannya agar dapat dengan mudah memahami, menganalisis jika terjadi kesalahan pada trainer suatu saat nanti.
- Pada tahap pengujian trainer : peneliti melakukan pengujian secara langsung terhadap *trainer* untuk melihat dan mengidentifikasi kesalahan dan kegagalan yang mungkin ada. Jika alat berfungsi dengan baik, maka proses akan dilanjutkan ke tahap selanjutnya.
- Pada tahap pengambilan data : penguji mencatat hasil yang dikeluarkan oleh *trainer* dengan menggunakan alat pengukuran alur listrik. Ketika proses pengujian alat yang nantinya data-data tersebut akan di analisis pada tahap selanjutnya.
- Pada tahap analisis data : penguji melakukan analisis dari data yang sudah dikumpulkan dengan menggunakan berbagai metode yang sesuai untuk mendapatkan hasil dari kelayakan trainer tersebut atau tidak.



Gambar 1. Diagram *flowchart* alur penelitian

Berikut gambaran dari desain *trainer phase sequence protector* untuk sistem 3 fasa.



Gambar 3. Desain *trainer phase sequence protector* untuk sistem 3 fasa

Keterangan:

1. *Trainer phase sequence protector*
2. L1, L2, L3 (input sumber listrik 3 fasa)
3. Ta, Tb, Tc (kontak *output relay*)

Dalam penelitian ini, lembar validasi menggunakan skala Likert untuk mengukur pendapat para ahli, dengan menawarkan pilihan respons yang berkisar dari sangat layak hingga sangat tidak layak untuk perangkat media. Responden menunjukkan pilihan mereka dengan menandai opsi yang paling mencerminkan penilaian mereka terhadap kelayakan media.

TABEL 1. KRITERIA JAWABAN DAN SKOR PENILAIAN

Kriteria Jawaban	Kriteria Nilai/Skor
Sangat Layak	5
Layak	4
Cukup Layak	3
Tidak Layak	2
Sangat Tidak Layak	1

Peneliti mengumpulkan data validasi ahli dengan cara mempresentasikan alat peraga atau *trainer* kepada ahli media dan ahli materi, disertai dengan membagikan lembar validasi media dan lembar validasi materi *trainer phase sequence protector* sistem 3 fasa.

Nilai ideal maksimum untuk keseluruhan alat validasi media adalah 75, dihitung dengan mengalikan 5 (nilai tertinggi) dengan 15 (jumlah total indikator). Untuk setiap item pada instrumen, nilai ideal adalah 5, yang diperoleh dari nilai tertinggi yang mungkin yaitu 5, dikalikan dengan 1 validator, yang merupakan nilai ideal per pertanyaan.

Setelah data terkumpul dari lembar validasi yang diisi oleh ahli media dan ahli materi, langkah selanjutnya adalah mengolah data dengan teknik analisis. Penelitian ini menggunakan analisis potret untuk mengetahui frekuensi nilai dalam variabel, yang kemudian disajikan dalam bentuk persentase total. Analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif dengan pendekatan kuantitatif.

Nilai skor dari jawaban responden akan di analisis secara deskriptif untuk mendapatkan gambar kelayakan

trainer dari hasil pandangan responden. Jumlah skor jawaban yang di dapat dibagi dengan jumlah total jawaban maksimum yang telah ditetapkan, yang kemudian akan menunjukkan nilai validitas kelayakan *trainer*. Persamaan 1 akan memperlihatkan rumus untuk menghitung presentase kelayakan *trainer*.

$$\text{Presentase Kelayakan} = \frac{\text{Jumlah Nilai Keseluruhan}}{\text{Jumlah Nilai Maksimum}} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

1. Jumlah nilai keseluruhan: Nilai total skor yang diberikan oleh validator setelah validator melakukan
2. Jumlah nilai maksimum: Total nilai maksimum yang diperoleh jika keseluruhan dari kriteria nilai dengan memperoleh skor tertinggi
3. Hasilnya dikalikan dengan 100 agar dapat mengubah ke dalam bentuk presentase (%)

Kategori hasil validasi ahli akan diklasifikasikan berdasarkan 5 toporsi dari kategori tingkat respons yang ditunjukkan pada tabel dibawah ini.[14]

TABEL 2. KATEGORI PRESENTASE JAWABAN KELAYAKAN TRAINER

Kategori	Tingkat Persentase (%)
Sangat Layak	80 - 100
Layak	61 - 80
Cukup	41 - 60
Tidak Layak	21 - 40
Sangat Tidak Layak	0 - 20

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Penelitian ini menghasilkan sebuah desain *trainer phase sequence protector* untuk praktikum Dasar Energi Listrik. *Trainer* ini dibuat dengan tetap memperhatikan aspek keamanan, kemudahan pemahaman, serta kemudahan dalam proses pemasangan dan pelepasan komponen.

Desain *trainer* terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu:

Unit *Phase Sequence Protector* sebagai pusat deteksi urutan fasa.

- Terminal input L1, L2, L3 untuk koneksi sumber listrik tiga fasa.
- Kontak keluaran Ta, Tb, Tc sebagai keluaran relay untuk menunjukkan kondisi urutan fasa benar atau salah.
- Panel *trainer* yang dirancang modular dan mudah dibongkar pasang.

Pada tahap perancangan, *trainer* diuji untuk memastikan kemampuan dalam mendeteksi urutan fasa yang benar (R-S-T) dan mengidentifikasi kondisi kesalahan urutan fasa seperti R-T-S, S-R-T, dan variasi lainnya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *trainer* mampu memberikan respon yang sesuai, ditandai dengan aktifnya indikator relay ketika urutan fasa sesuai dan tidak aktif ketika urutan fasa tidak sesuai.[15]

TABEL 3. HASIL VALIDASI AHLI MEDIA

No	Indikator	Aspek Pertanyaan	Kriteria	
			Validator 1	Validator 2
1	Bentuk Trainer	Komponen yang ada pada alat peraga terlihat jelas	5	5
2		Alat peraga yang digunakan dapat digunakan dan dapat dengan mudah untuk dipahami	4	5
3		Alat peraga ini memiliki komponen utama yaitu motor induksi satu fasa	5	4
4		Alat peraga Phase Sequence Protector tiga fasa ini dapat menjadi media dalam melaksanakan praktikum Dasar Energi Listrik	5	4
5		Alat peraga yang ditampilkan dapat menyajikan konsep dari materi teori Phase Sequence Protector	5	4
6	Tampilan Umum	Desain alat peraga ini bisa menarik perhatian	4	5
7		Tata letak komponen pada alat peraga yang presisi sehingga menjadi daya tarik	5	4
8		Tampilan dari alat peraga ini sederhana sehingga dapat dengan mudah dalam memahami kerja dari Phase Sequence Protector	5	5
9	Praktik	Dapat memahami apa yang dimaksud dengan Phase Sequence Protector	4	5
10		Alat dan bahan yang digunakan dalam alat peraga ini mudah didapat	5	4
11		Biaya pembuatan alat peraga ini tergolong terjangkau	4	4
12		Alat peraga ini menggunakan komponen dan bahan sederhana	5	4
13		Alat dan bahan yang digunakan mudah dipahami fungsinya	5	5
14		Alat peraga ini memiliki ketahanan dalam jangka panjang	5	5
15	Teknis	Alat dan bahan pada alat peraga ini layak dipakai untuk digunakan dalam praktikum Dasar Energi Listrik	5	4
16		Alat peraga Phase Sequence Protector dapat berfungsi secara baik	5	5

17	Kualitas Media	Pengopersian alat praga ini memiliki cara kerja yang mudah dimengerti	4	4
18		Pengoperasian alat peraga ini dilakukan secara manual	5	5
19		Alat peraga ini memiliki daya jual yang tinggi	5	4
20		Biaya perawatan yang lebih rendah	5	5
Jumlah			95	86
Presentase			95	86
Persentase Keseluruhan			90,5 %	

Berdasarkan hasil validasi yang dilakukan oleh dua validator, diperoleh presentase kelayakan dari masing-masing sebanyak 95% dan 86%, dengan nilai presentase keseluruhan 90,5%. Nilai ini menunjukkan bahwa alat peraga dari *Trainer Phase Sequence Protector* berada pada kategori Sangat Layak berdasarkan kriteria dalam kategori pada Table 2, sehingga dapat diperuntukkan sebagai media pembelajaran. Penilaian dari para ahli mencakup beberapa aspek, seperti tampilan fisik, keamanan pengguna, kejelasan dari tata letak komponen yang ada, dan kerapian selama proses pembuatannya. Dapat disimpulkan bahwa alat peraga *Phase Sequence Protector* sangat layak digunakan dan efektif sebagai pendukung dalam proses pembelajaran.

Selanjutnya dilakukan pengujian validasi desain untuk mengetahui alat peraga ini layak atau tidak digunakan untuk praktikum Dasar Energi Listrik.

TABEL 4. HASIL VALIDASI AHLI DESAIN

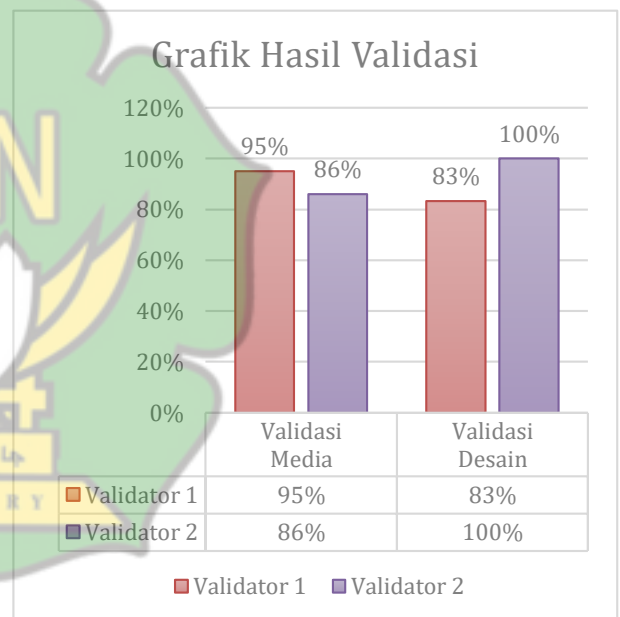
No	Indikator	Aspek Pertanyaan	Kriteria	
			Validator 1	Validator 2
1	Tujuan Pembelajaran	Alat peraga ini dirancang untuk membantu dalam memahami konsep <i>Phase Sequence</i> pada proteksi motor tiga fasa	4	5
2		Penggunaan <i>trainer Phase Sequence Protector</i> dapat membantu mempelajari pengaruh perubahan urutan fasa terhadap arah putaran motor induksi tiga fasa.	4	5
3		Melalui alat peraga ini, pengguna dapat menghubungkan teori Dasar Energi Listrik dengan penerapan praktis di dunia industri.	4	5
4		Alat peraga ini mendorong pengguna agar lebih aktif dan terampil dalam melakukan kegiatan praktikum dasar energi listrik.	5	5

5		Pengguna alat peraga ini mampu mengidentifikasi komponen utama pada rangkaian <i>phase sequence protector</i> dan memahami fungsinya.	4	5
6		Pengguna alat peraga ini mampu mengamati pengujian <i>phase sequence</i> yang diperlihatkan dari trainer.	4	5
7		Tujuan pembelajaran dengan media ini sejalan dengan capaian pembelajaran mata kuliah Praktikum Dasar Energi Listrik.	4	5
8	Materi	Materi pada alat peraga mencakup konsep dasar urutan fasa (<i>phase sequence</i>) dan fungsi <i>protector</i> pada sistem tiga fasa.	4	5
9		Alat peraga ini menyajikan prinsip kerja komponen utama seperti relay, kontaktor, dan indikator urutan fasa.	4	5
10		<i>Trainer</i> mampu memvisualisasikan teori <i>phase sequence protector</i> menjadi bentuk nyata yang mudah diamati.	5	5
11		Materi yang disampaikan melalui alat peraga membantu dalam memahami hubungan antara arus, tegangan, dan arah putaran motor.	4	5
12		Alat peraga <i>Phase Sequence Protector</i> dapat dilaksanakan metode R&D (<i>research and development</i>)	5	5
13	Metode Pembelajaran dan Waktu	<i>Trainer</i> ini mempermudah proses penyampaian materi sehingga waktu pembelajaran menjadi lebih efisien	4	5
14	Manfaat	Alat peraga ini dapat meningkatkan motivasi belajar dalam memahami sistem kelistrikan tiga fasa.	4	5
15		Dengan adanya <i>trainer</i> ini, pembelajaran praktikum dasar energi listrik menjadi lebih efektif dan menyenangkan.	4	5
16		Penggunaan alat peraga ini dapat membantu meningkatkan keterampilan praktik.	4	5

17		Alat peraga ini memiliki nilai efisiensi tinggi karena komponen mudah didapat dan biaya pembuatannya relatif terjangkau.	4	5
18		<i>Trainer</i> ini membantu dalam memahami konsep yang abstrak secara lebih konkret dan aplikatif.	4	5
Jumlah			75	90
Presentase			83,3	100
Persentase Keseluruhan			91,65%	

Hasil validasi ini menunjukkan bahwa *trainer* yang didesain sudah sangat layak dan efisien untuk digunakan dan dimanfaatkan sebagai media pembelajaran. Dengan demikian *trainer* ini dapat membantu proses pembelajara praktikum Dasar Energi Listrik.

Dari hasil yang ditunjukkan table 4 dapat dilihat hasil validasi desain dan media dalam bentuk grafik seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. Grafik validasi ahli media & ahli desain

B. Pembahasan

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa pengembangan *trainer Phase Sequence Protector* telah mencapai tingkat kelayakan yang sangat baik sebagai media pembelajaran pada praktikum Dasar Energi Listrik. Penilaian ini dilakukan melalui proses validasi oleh dua ahli media dan dua ahli desain dengan menggunakan instrumen lembar penilaian dengan skala likert (1-5), sehingga memungkinkan peneliti untuk dapat memperoleh gambaran kuantitatif mengenai tingkat kelayakan *trainer*. Validasi media memperoleh nilai kelayakan sebesar 90,5%, sedangkan validasi desain mencapai 91,65%, sehingga keduanya termasuk dalam kategori Sangat Layak. Temuan ini mengindikasikan bahwa produk yang dikembangkan sudah memenuhi kriteria kelayakan dari segi tampilan fisik, fungsi komponen, serta efektivitas penggunaannya dalam praktik.

Penilaian ahli menunjukkan bahwa *trainer* memiliki struktur yang jelas, tata letak komponen yang teratur, serta tampilan panel yang mudah dipahami oleh pengguna. Selain itu, fungsi teknis Utama yakni kemampuan mendeteksi urutan fasa yang benar maupun salah berjalan secara optimal selama pengujian. Respon perangkat terhadap perubahan susunan fasa pada tiga fasa seperti R-S-T dan variasi lainnya menunjukkan bahwa sistem proteksi bekerja sesuai prinsip operasional perangkat *phase sequence protector*.

Dari sisi pembelajaran, *trainer* ini nantinya akan memberikan pengalaman praktik yang baik dalam memahami prinsip urutan fasa. Hal ini selaras dengan pendekatan *experiential learning* yang menekankan pembelajaran melalui pengalaman langsung di laboratorium.[16]

Jika melihat penelitian-penelitian sebelumnya, arah pengembangan *trainer* kelistrikan tiga fasa umumnya berfokus pada perangkat yang berkaitan dengan pengaturan daya, seperti *trainer inverter*, alat sinkronisasi generator, maupun media pembelajaran untuk sistem penyearah. Ketiga jenis pengembangan tersebut lebih menonjolkan aspek konversi energi dan pengendalian daya dalam sistem listrik. Berbeda dengan itu, penelitian ini secara khusus merancang media pembelajaran yang berfungsi untuk mendeteksi dan melindungi sistem dari kesalahan urutan fasa. Fokus yang lebih mengarah pada aspek proteksi inilah yang membuat penelitian ini mempunyai karakteristik dan kontribusi yang berbeda, terutama dalam memperkuat pemahaman konsep *phase sequence* pada sistem tiga fasa.

Selain dinilai layak secara teknis, *trainer* ini juga memberikan manfaat praktis dalam meningkatkan motivasi dan pemahaman mahasiswa. Komponen yang digunakan mudah diperoleh, biaya pembuatan relatif terjangkau, serta desainnya sederhana namun fungsional, sehingga mendukung efektivitas proses pembelajaran.[17] Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa *trainer Phase Sequence Protector* layak dijadikan media pembelajaran. *Trainer* ini mampu membantu mahasiswa memahami konsep urutan fasa secara konkret dan aplikatif, serta relevan untuk digunakan dalam praktikum Dasar Energi Listrik maupun mata kuliah terkait instalasi tenaga listrik.[18]

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan *trainer Phase Sequence Protector* sebagai media pembelajaran pada praktikum Dasar Energi Listrik. Berdasarkan hasil validasi ahli yang menggunakan instrumen skala Likert, produk yang dikembangkan memperoleh penilaian sangat baik. Validasi media mendapatkan persentase 90,5%, sedangkan validasi desain mencapai 91,65%, yang keduanya termasuk kategori Sangat Layak. Hasil ini menunjukkan bahwa *trainer* telah memenuhi standar kelayakan dari segi tampilan, kelengkapan komponen, kemudahan penggunaan, serta keamanan operasionalnya.

Secara fungsional, *trainer* ini mampu menunjukkan prinsip kerja deteksi urutan fasa dengan baik melalui indikator yang responsif terhadap perubahan susunan fasa. Hal tersebut membuatnya efektif digunakan sebagai sarana praktik, terutama untuk membantu mahasiswa memahami konsep yang bersifat teoritis melalui pengalaman langsung di laboratorium. *Trainer* ini juga dinilai memiliki nilai praktis

yang tinggi karena bahan penyusunnya mudah diperoleh dan desainnya sederhana namun tetap fungsional.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa *trainer Phase Sequence Protector* layak dijadikan media pendukung pembelajaran dan dapat diimplementasikan dalam kegiatan praktikum. Selain mampu meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap konsep urutan fasa, *trainer* ini juga berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai alternatif atau pelengkap media pembelajaran pada bidang kelistrikan tiga fasa.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan *trainer Phase Sequence Protector* dengan peningkatan pada aspek fungsi dan cakupan pembelajaran agar lebih sesuai dengan kebutuhan praktik kelistrikan tiga fasa. Penelitian selanjutnya juga disarankan untuk melanjutkan tahap implementasi dengan menguji penggunaan *trainer* secara langsung dalam kegiatan praktikum pembelajaran, sehingga dapat diketahui pengaruhnya terhadap pemahaman konsep, keterampilan praktik, serta efektivitas proses pembelajaran.

REFERENSI

- [1] K. Widarsono, M. Jauhari, and A. L. Dzuhuri, "Relay Protection of Over Voltage, Under Voltage and Unbalance Voltage Magnitude Based on Visual Basic Using Arduino Mega," *Semin. MASTER*, pp. 39–48, 2019.
- [2] Jumari, J. Sinaga, and R. Ginting, "Analisa Beban Tiga Fasa Pada Jaringan Instalasi Listrik Gedung Di Rumahsakit Martha Friska Kota Medan," *J. Teknol. Energi Uda*, vol. 10, no. 2, pp. 80–92, 2021.
- [3] A. Abdulla and T. Rijanto, "Pengembangan Trainer Instalasi Penerangan Listrik 1 Fasa Pada Bangunan Gedung Sebagai Media Pembelajaran," *J. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 01, pp. 57–64, 2021, doi: 10.26740/jpte.v10n01.p57-64.
- [4] Maulana, Yayan. *Desain Trainer Inverter 3 Fasa Untuk Mata Kuliah Elektronika Daya Di Program Studi Pendidikan Teknik Elektro*. Diss. UIN Ar-Raniry Banda Aceh, 2023.
- [5] Arrayyan, M. Fauzan. *Desain Trainer Sinkronoskop 3 Fasa Untuk Operasi Paralel Generator Induksi Dengan Jaringan Listrik*. Diss. Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh, 2024.
- [6] Yusaldi, Muhammad. *Desain Trainer Penyearah Terkendali 3 Fasa Untuk Mata Kuliah Elektronika Daya*. Diss. UIN Ar-Raniry Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, 2023.
- [7] Okpatrioka, "Innovative Research And Development (R&D) in Education," *J. Pendidikan, Bhs. dan Budaya*, vol. 1, no. 1, pp. 86–100, 2023.
- [8] S. Haryati, "(R & D) Sebagai Salah Satu Model Penelitian Dalam," *Academia*, vol. 37, no. 1, p. 13, 2012.
- [9] A. Sachari, Y. Yan, and S. Penerbit Itb, "Tinjauan Desain".
- [10] M. I. Naufal and Irwanto, "Motor Listrik 3 Fasa Sebagai Sistem Penggerak Motor Roll Pada Mesin Case Sealer di Pt. Matahari Megah," *J. Sains dan Teknol.*, vol. 2, no. 1, pp. 32–45, 2023.
- [11] Y. Mulyanto, F. Hamdani, and Hasmawati, "Rancang Bangun Sistem Informasi Penjualan Pada Toko Omg Berbasis Web Di Kecamatan Empang Kabupaten Sumbawa," *J. Inform. Teknol. dan Sains*, vol. 2, no. 1, pp. 69–77, 2020, doi: 10.51401/jinteks.v2i1.560.
- [12] S. N. P.B., A. Andeas, and J. A. Nugroho, "Pengembangan 'Jurnal Proses Desain' sebagai Media Pembelajaran Perancangan Desain," *J. Desain*, vol. 9, no. 1, p. 131, 2021, doi: 10.30998/jd.v9i1.10690.
- [13] J. R. Johan, T. Iriani, and A. Maulana, "Penerapan Model Four-D dalam Pengembangan Media Video Keterampilan Mengajar Kelompok Kecil dan Perorangan," *J. Pendidik. West Sci.*, vol. 1, no. 06, pp. 372–378, 2023, doi: 10.58812/jpdps.v1i6.455.
- [14] I. Prasetyo, "Teknik Analisis Data Dalam Research and Development, UNY 2014," *UNY Fak. Ilmu Pendidik.*, vol. 6, p. 11, 2014.
- [15] S. Sawidin, Y. R. Putung, T. M. Kereh, and A. Waroh, "Pengendalian Motor 3 Fasa dan Proteksi Phase Failure Berbasis Smart Relay Zelio," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 7, no. 2, pp. 202–210, 2025.
- [16] Merriyani, "Penerapan Model Experiential Learning untuk Meningkatkan Berpikir Kreatif dan Prestasi Belajar," *DIADIK J. Ilm. Teknol. Pendidik.*, vol. 14, no. 2, pp. 471–479, 2024.
- [17] D. M. Cahyono and T. Wrahatnolo, "Pengembangan Media Trainer Instalasi Penerangan Listrik 1 Fasa Berbasis Model Pembelajaran Problem Based Learning Pada Mata Pelajaran Instalasi Penerangan Listrik Kelas XI titl di SMKN 2 Bojonegoro Tri Wrahatnolo Abstrak," *Pengemb. Media Train. Instal. Penerangan List. 1 Fasa*, vol. 9, no. 1, pp. 1–6, 2020.
- [18] L. S. Hariyadi and J. Joko, "Pengembangan Trainer Pengendali Elektromagnetik Motor Listrik Ac 3 Fasa Sebagai Media Praktikum," *J. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 01, pp. 1–7, 2021, doi: 10.26740/jpte.v10n01.p1-7.