

Pengembangan Media Pembelajaran Pengukuran Parameter Listrik Berbasis IoT di SMKN 2 Yogyakarta

Ditra Syahruckh Mukhodam¹, Totok Heru Tri Maryadi¹

¹ Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

Abstrak— Tujuan penelitian ini adalah untuk: (1) mengembangkan media pembelajaran pengukuran parameter listrik berbasis *Internet of Things* (IoT) yang efektif; (2) mengetahui unjuk kerja media pembelajaran pengukuran parameter listrik berbasis IoT; (3) mengevaluasi kelayakan media pembelajaran pengukuran parameter listrik berbasis IoT; dan (4) menganalisis respons pengguna terhadap pengaplikasian media pembelajaran pengukuran parameter listrik berbasis IoT. Penelitian ini menggunakan metode *research and development* dengan pendekatan ADDIE. Penelitian dilaksanakan di SMKN 2 Yogyakarta dengan subjek *expert judgement*, dua ahli media, dua ahli materi, dua guru, 35 siswa kelas X. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi dan angket, dengan uji fungsionalitas menggunakan pengujian *black box*, uji validitas instrumen pengguna dengan korelasi pearson, dan uji reliabilitas pengguna menggunakan alpha cronbach. Data dianalisis secara deskriptif kuantitatif untuk menilai unjuk kerja, kelayakan media dan materi, serta kebermanfaatan inovasi alat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa: (1) media mudah digunakan dan mendukung pembelajaran efektif, (2) hasil unjuk kerja dengan pengujian *black box* menunjukkan bahwa 10 komponen utama media pembelajaran bekerja dengan baik, (3) persentase kelayakan media pembelajaran berbasis IoT oleh ahli materi sebesar 85,00% dengan kategori “Sangat Baik” dan oleh ahli media sebesar 77,50% dengan kategori “Baik”, (4) Untuk kebermanfaatan inovasi alat sebesar 89,03% dengan kategori “Sangat Baik”.

Kata kunci: Media pembelajaran, IoT, ESP8266, PZEM-004T, ADDIE

Abstract— The objectives of this research are to: (1) develop an effective *Internet of Things* (IoT)-based electrical parameter measurement learning media; (2) determine the performance of IoT-based electrical parameter measurement learning media; (3) evaluate the feasibility of IoT-based electrical parameter measurement learning media; and (4) analyze user responses to the application of IoT-based electrical parameter measurement learning media. This research uses the *research and development* method with the ADDIE approach. The research was conducted at SMKN 2 Yogyakarta with the subjects of expert judgment, two media experts, two material experts, two teachers, 35 students of class X. Data collection techniques were carried out through observation and questionnaires, with functionality testing using *black box* testing, user instrument validity testing with Pearson correlation, and user reliability testing using Cronbach alpha. Data were analyzed descriptively quantitatively to assess performance, media and material feasibility, and the usefulness of tool innovation. The results showed that: (1) the media is easy to use and supports effective learning, (2) the results of performance with *black box* testing show that the 10 main components of learning media work well, (3) the percentage of feasibility of IoT-based learning media by material experts is 85.00% with the category “Very Good” and by media experts is 77.50% with the category ‘Good’, (4) For the usefulness of tool innovation of 89.03% with the category “Very Good”.

Keywords: Learning Media, IoT, ESP8266, PZEM-004T, ADDIE

Article submitted 2025-06-26.

Resubmitted 2025-06-27.

Final acceptance 2025-06-29.

Final version published as submitted by the authors.

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution Share Alike 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Corresponding Author:

Ditra Syahruckh Mukhodam
Universitas Negeri Yogyakarta
Yogyakarta, Indonesia

Email: ditrasyahruckh.2021@student.uny.ac.id

1. Pendahuluan

Salah satu tolak ukur bagi kemajuan sebuah bangsa ialah pendidikan, semakin tinggi tingkat dan kualitasnya maka semakin maju negaranya. Pendidikan membantu mengolah sumber daya manusia yang ada menjadi generasi penerus bangsa yang berkualitas. Pendidikan merupakan upaya terencana dan terarah untuk mewujudkan lingkungan dan aktivitas belajar, sehingga peserta didik dapat mengoptimalkan kapasitas pribadinya dalam hal kekuatan batin, religius, kontrol diri, karakter, kemampuan berpikir, budi pekerti, serta keahlian yang diperlukan dirinya, masyarakat, bangsa, dan negara secara aktif [1].

Demi mewujudkan hal tersebut, bangsa ini perlu menghadapi segala tantangan yang menghadang. Salah satu tantangan utama bangsa ialah menghadapi era industri 4.0, di mana teknologi dan digitalisasi menjadi poros utama dalam berbagai bidang, termasuk edukasi dan manufaktur. Dalam konteks ini, edukasi atau pendidikan perlu menyesuaikan secepat mungkin guna memastikan generasi penerus mendapatkan kompetensi yang dibutuhkan untuk terus melangkah maju menghadapi perkembangan zaman. Ciri utama era industri 4.0 ialah penyatuan perangkat otomatisasi dan perangkat cyber dengan pemanfaatan IT [2].

Internet of Things (IoT) ialah sebuah perangkat di mana suatu benda di sekitar kita mampu berkomunikasi dan mengirim data melalui jaringan internet [3]. IoT mengacu pada jaringan perangkat fisik yang tersambung ke internet, sehingga mampu untuk mengumpulkan dan berbagi data. Perangkat ini tidak hanya diotomatisasi dan dikontrol dari jarak jauh, namun juga berpeluang untuk menganalisis serta mengambil keputusan melalui data. Kesuksesan dalam pengaplikasian IoT, tidak lepas dari peran mikrokontroler yang sangat esensial. Mikrokontroler ialah komponen penting yang memiliki peran dalam mengolah dan memproses data secara keseluruhan sehingga dapat mengontrol sebuah sistem [4]. Mikrokontroler membuat perangkat IoT mampu mengumpulkan data dari sensor, yang kemudian mengolah data tersebut dan mengambil keputusan sesuai dengan algoritma yang telah diprogram.

Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) merupakan satuan tingkat pendidikan menengah guna merancang siswa pada bidang tertentu [5]. Penyelenggaraan SMK lebih fokus memberikan bekal kepada individu untuk langsung berprofesi setelah lulus. Oleh sebab itu, SMK lebih berfokus pada program keterampilan praktis dan kejuruan. Metode pembelajaran di SMK sangatlah beragam dan disusun untuk memaksimalkan pencapaian kompetensi yang dibutuhkan, termasuk pembelajaran berbasis proyek, masalah, dan kerja. Pendekatan ini memicu siswa untuk aktif dalam proses belajar, berpikir kritis, dan menyelesaikan masalah nyata yang barangkali mereka temui di tempat kerja. Di lain sisi, media pembelajaran juga merupakan komponen esensial yang mendukung efektivitas metode pembelajaran yang digunakan [6]. Pengaplikasian media yang tepat dapat mengoptimalkan pemahaman siswa, motivasi belajar, dan membuat pembelajaran lebih menarik dan interaktif. Berdasarkan hasil riset De Porter, bahwasanya pemahaman manusia terhadap materi sebanyak 70% dari apa yang ia lakukan, 50% dari apa yang ia lihat dan dengar, sedangkan dari yang ia lihat saja sebesar 30%, ia dengar saja sebesar 20%, dan ia baca saja sebesar 10%. Dari hasil riset tersebut, dapat diartikan bahwa pengaplikasian media pembelajaran interaktif pada fase pengenalan pembelajaran akan sangat berguna dalam aktivitas belajar peserta didik [7].

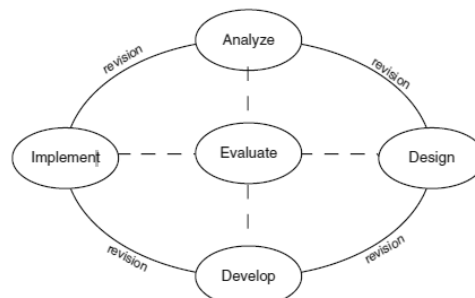
Berdasarkan proses pemantauan pembelajaran melalui Praktik Kependidikan (PK) di SMK Negeri 2 Yogyakarta serta didukung oleh jurnal hasil observasi Pengenalan Lapangan Persekolahan (PLP) oleh Titania & Widodo [8], beberapa materi pelajaran masih disampaikan dengan metode ceramah, sehingga interaksi dan keterlibatan siswa cenderung terbatas. Oleh Sebab itu, pengembangan perangkat pembelajaran yang lebih inovatif dan sesuai dengan perkembangan era industri 4.0 sangatlah dibutuhkan di sekolah. Salah satu ide yang diusulkan untuk mengatasi masalah tersebut ialah pengembangan alat pengukur parameter listrik berbasis IoT. Jenis data atau parameter listrik yang diukur ialah tegangan, arus, daya, faktor daya, frekuensi, dan energi [9].

Berdasarkan solusi di atas, penelitian dan pengembangan ini ditujukan kepada generasi penerus yang akan membawa bangsa ini menjadi jauh lebih unggul dengan cara memaksimalkan media pembelajaran untuk proses belajar yang interaktif dan praktis. Penelitian ini berjudul “Pengembangan Media Pembelajaran Pengukuran Parameter Listrik berbasis IoT di SMKN 2 Yogyakarta”, yang ditargetkan mampu mengatasi permasalahan keterbatasan media pembelajaran, meningkatkan interaksi, meningkatkan semangat belajar dan meningkatkan kompetensi siswa. Pengembangan ini tidak hanya mempermudah siswa memahami konsep kelistrikan, tetapi juga mengenalkan teknologi IoT dan mikrokontroler.

2. Metode

Penelitian yang digunakan dalam pengembangan media pembelajaran pengukuran parameter listrik berbasis IoT adalah jenis *research and development* (R&D). Proses perancangan, pengujian, penelitian, dan pengembangan produk secara ilmiah merupakan inti dari metode penelitian dan pengembangan [10]. Melalui pendekatan ini, dihasilkan media pembelajaran yang dirancang khusus untuk mendukung siswa kelas X jurusan TITL. Dalam penelitian pengembangan media pembelajaran pengukuran parameter listrik berbasis IoT peneliti memilih model pendekatan ADDIE yang dicetuskan oleh Branch [11]. Menurut Branch Model penelitian ADDIE, yang merupakan singkatan dari *Analyze* (Analisis), *Design* (Desain), *Develop* (Pengembangan), *Implement* (Penerapan), dan *Evaluate* (Evaluasi), dapat dimanfaatkan sebagai salah satu pendekatan dalam penelitian pembelajaran. Pendekatan ini menekankan evaluasi sebagai proses yang terus berlangsung di semua tahapan.

2.1 Diagram Penelitian



Gambar 1. Model Penelitian ADDIE

Penelitian ini menggunakan model ADDIE yang dikemukakan oleh Branch [11]. Maka sesuai dengan gambar 1, penelitian ini harus melewati beberapa tahapan sebagai berikut:

Analyze (Analisis)

Tahap ini memerlukan penelitian dan pengembangan dengan mengkaji potensi dan permasalahan yang muncul untuk dapat dituntaskan dengan cara yang efektif disertai evaluasi.

Design (Desain)

Tahap ini dibuat dengan perancangan media yang detail dan terstruktur untuk menarik motivasi belajar siswa SMKN 2 Yogyakarta. Hasil dari tahapan ini ialah gambaran awal media dan aplikasi, serta diagram kerjanya disertai evaluasi.

Develop (Pengembangan)

Tahap ini melibatkan beberapa proses, yaitu pengembangan media pembelajaran, uji fungsionalitas, dan uji kelayakan media dan materi disertai evaluasi.

Implement (Penerapan)

Tahap selanjutnya merupakan penerapan dari media pembelajaran yang sudah dikembangkan dan diperbaiki untuk melaksanakan kegiatan pembelajaran. Pada tahapan ini, media pembelajaran akan dikenalkan dan diuji coba seberapa efektifnya dalam pembelajaran siswa SMK kelas X jurusan TITL pada mata pelajaran DPK 1.

Evaluate (Evaluasi)

Tahapan evaluasi dari media pembelajaran pengukuran parameter listrik berbasis IoT merupakan tahapan terakhir dan paling krusial dalam menilai sejauh mana media dapat bekerja secara efektif serta sudah berfungsi dengan baik atau belum. Tahap evaluasi akhir ini ialah untuk memperbaiki dari tahapan sebelumnya berupa bagaimana proses pembelajaran yang telah dilakukan peserta didik dan umpan balik apa saja yang diberikan oleh peserta didik. Tahapan evaluasi pada pengembangan media pembelajaran ini dibantu oleh dosen pembimbing, dua dosen ahli media, dua dosen ahli materi, dan umpan balik dari pengguna.

2.2 Analisis Data

Teknik analisis data dalam penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif untuk unjuk kerja alat, kelayakan media dan materi materi, serta kebermanfaatan inovasi alat. Penelitian ini menggunakan kuesioner berbasis skala Likert. Skala Likert yang digunakan terdiri dari empat pilihan, yaitu tidak setuju (1), kurang setuju (2), setuju (3), dan sangat setuju (4). Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam analisis data adalah sebagai berikut:

1. Uji Validitas

Untuk penelitian ini mengaplikasikan validitas konstruk dengan dua tahapan. Tahapan pertama dengan bantuan *expert judgement* oleh dosen DPTE FT UNY dalam bidang terkait yang akan menguji serta menyatakan status instrumen yang telah diuji apakah tidak layak pakai, perlu revisi ataupun tidak perlu revisi. Tahapan selanjutnya ialah validitas butir instrumen dengan rumus korelasi Pearson (rhitung > rtabel, maka dinyatakan valid) dengan bantuan aplikasi SPSS versi 25 guna memastikan kesesuaian dengan kriteria validitas. Berikut persamaan rumusnya.

$$r_{xy} = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

X = Skor Item

Y = Skor Total

n = Jumlah Responden

2. Uji Reliabilitas

Keakuratan instrumen dalam membuahkan produk yang sama dengan berbagai kondisi dan beberapa kali pengujian atau bisa disebut dengan reliabilitas [10]. Salah satu metode yang dipakai dalam penelitian ini yaitu metode alpha cronbach's dibantu dengan aplikasi SPSS versi 25. Metode ini dipilih karena memiliki fungsi untuk mengetahui nilai reliabilitas respons dari pengguna berdasar interval koefisien pada tabel 1. Berikut persamaan rumusnya.

$$r_{11} = \left[\frac{k}{(k-1)} \right] \left[1 - \frac{\sum \sigma^2 b}{\sigma^2 t} \right] \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

k = Jumlah item pertanyaan

$\sum \sigma^2 b$ = Jumlah varian butir

$\sigma^2 t$ = Varians total

Tabel 1. Kategori Koefisien Reliabilitas

Interval Koefisien	Tingkat Reliabilitas
$r < 0,20$	Sangat Rendah
$0,20 \leq r < 0,40$	Rendah
$0,40 \leq r < 0,70$	Sedang
$0,70 \leq r < 0,90$	Tinggi
$0,90 \leq r < 1,00$	Sangat Tinggi

3. Uji Fungsionalitas

Unjuk kerja dari pengembangan media pembelajaran pengukuran parameter listrik berbasis IoT menggunakan *black box testing* oleh mahasiswa. Uji black box dilakukan untuk mengamati kesesuaian *output* yang dihasilkan dengan *input* yang diberikan, tanpa memeriksa bagian internal [12]. Data yang diuji berupa hasil pengamatan terhadap respons alat yang dicatat dalam bentuk tabel uji coba. Hasil pengujian ini berguna untuk menilai fungsi hardware, MCU, serta indikator sebelum diuji kelayakan oleh ahli media dan ahli materi.

4. Deskriptif Kuantitatif

- Menentukan empat kelas interval dengan kategori sebagai berikut:
sangat baik, baik, cukup baik, dan tidak baik.
- Menentukan skor maksimal.
- Menentukan rerata atau *mean* ($\bar{x}$) dengan rumus sebagai berikut:

$$\bar{x} = \frac{\text{Jumlah seluruh data}}{\text{Banyaknya data}} \dots \dots \dots (3)$$

- Menentukan persentase kelayakan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Persentase Kelayakan} = \frac{\text{skor rerata}}{\text{skor max}} \times 100\% \dots \dots \dots (4)$$

- Mencari kategori kelayakan media pembelajaran berdasarkan persentase kelayakan yang dijabarkan pada tabel 2 [13].

Tabel 2. Klasifikasi Penilaian

Skor dalam Persentase	Klasifikasi
81,26% - 100%	Sangat Baik
62,51% - 81,25%	Baik
43,76% - 62,5%	Cukup Baik
25% - 43,75%	Tidak Baik

Klasifikasi dalam tabel digunakan sebagai acuan untuk menilai hasil evaluasi dari ahli media, ahli materi, dan responden. Skor yang diperoleh melalui kuesioner menunjukkan tingkat kelayakan pengembangan media pembelajaran pengukuran parameter listrik berbasis IoT.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil

Penelitian ini mengarah pada pengembangan media pembelajaran pengukuran parameter listrik berbasis Internet of Things (IoT) di SMK Negeri 2 Yogyakarta, khususnya untuk siswa-siswi kelas X dengan jurusan Teknik Instalasi Tenaga Listrik (TITL) pada mata pelajaran Dasar Program Keahlian 1 (DPK 1). Pengembangan ini menggunakan model pembelajaran ADDIE untuk merancang, membangun, serta menilai efektivitas penggunaan media pembelajaran. Berikut merupakan uraian mengenai penerapan jenis penelitian R&D dengan pendekatan ADDIE.

1. *Analyze* (Analisis)

Langkah awal dalam pengembangan media pembelajaran pengukuran parameter listrik berbasis IoT diawali dengan melakukan observasi terhadap proses pembelajaran pada mata pelajaran DPK 1. Kegiatan observasi ini dilaksanakan di SMKN 2 Yogyakarta, tepatnya pada jurusan TITL. Berikut ini merupakan temuan yang diperoleh peneliti dari hasil observasi tersebut:

- a. Pada pelaksanaan pembelajaran terutama pada kelas X Dasar Program Keahlian 1 (DPK 1), ada sebuah materi terkait teknologi dan isu-isu global. Materi tersebut juga menyinggung berkaitan dengan teknologi IoT yang saat ini berkembang pesat. Masalahnya adalah pada pelaksanaan pembelajaran tersebut guru hanya bisa menyampaikan materinya dan belum bisa menjelaskan dan menerapkan apa itu sebenarnya IoT.
- b. Adapula pada materi pengukuran parameter listrik, siswa-siswi terkadang harus menunggu dan menggunakan banyak sekali alat ukur untuk mengetahui parameter listrik yang diukur. Seperti voltmeter untuk tegangan, amperemeter untuk arus, dan wattmeter untuk daya. Meskipun sudah ada multimeter yang dapat mengukur beberapa parameter listrik. Namun terkadang siswa-siswi cepat jenuh dalam memantau angka-angka di multimeter atau alat ukur lainnya.
- c. Mengumpulkan umpan balik siswa mengenai relevansinya guna mengevaluasi dan memastikan kesesuaian penentuan media pembelajaran yang akan dikembangkan.

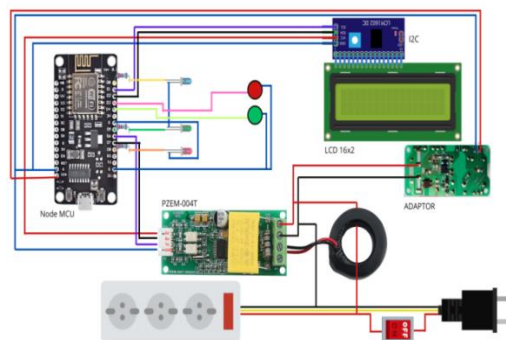
2. Design (Perancangan)

Setelah menganalisis dan mengidentifikasi berbagai permasalahan dalam proses pembelajaran, langkah selanjutnya adalah tahap perancangan. Pada tahap ini, seluruh temuan dari hasil analisis dijadikan acuan dalam menyusun media pembelajaran yang lebih optimal. Proses perancangan ini melibatkan beberapa tahapan berikut:

a. Perancangan Desain Media Pembelajaran

1) Perancangan Elektronik

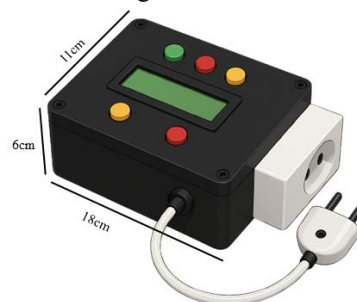
Desain elektronik ialah kegiatan penting dalam merancang komponen yang digunakan disertai sambungannya, sehingga media pembelajaran dari hasil analisis dapat diwujudkan. Berikut ialah gambar dari desain elektronik.



Gambar 2. Rancangan Elektronik

2) Perancangan Mekanik

Desain mekanik ialah kegiatan merancang dan merakit tampilan luar maupun dalam dari sebuah alat atau media pembelajaran. Kegiatan ini bisa berupa merancang wadah agar prinsip kerja yang sudah disusun dapat berjalan dengan lancar. Berikut ialah gambar 3D dari desain mekanik.



Gambar 3. Rancangan Mekanik

b. Perancangan Desain Modul dan *Labsheet* Pembelajaran

Perancangan modul pembelajaran ini memiliki tujuan agar siswa kelas X TITL pada mata pelajaran DPK 1 dapat meningkatkan pemahaman, evaluasi diri, dan melaksanakan pembelajaran secara mandiri. Sedangkan untuk *labsheet* bertujuan untuk memfasilitasi siswa dalam praktikum terutama dalam memahami konsep dan mendapat data pengukuran parameter listrik. Kedua komponen ini diharapkan bisa membantu siswa dalam mendalami penggunaan media pembelajaran, baik dari segi teori maupun praktis [14]. Untuk cover modul dan *labsheet* dapat dilihat pada Gambar 4.



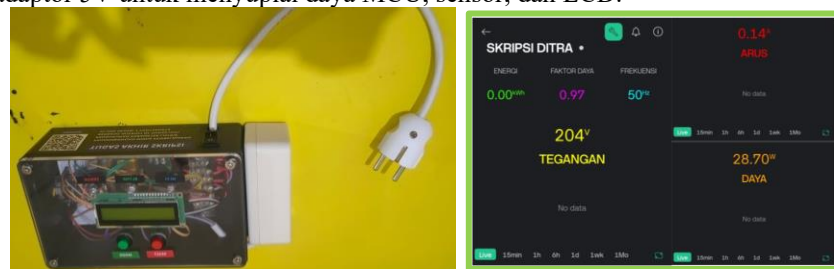
Gambar 4. Cover Modul dan *Labsheet* Pembelajaran

3. Develop (Pengembangan)

Tahap ini juga melibatkan penggabungan dari desain mekanik dan elektronik agar media pembelajaran dapat berfungsi dengan baik. Tahap pengembangan melibatkan beberapa proses, yaitu pembuatan media, uji fungsionalitas, evaluasi kelayakan, dan yang terakhir penyempurnaan dari saran serta masukan para ahli.

a. Media Pembelajaran Pengukuran Parameter Listrik berbasis IoT

Pada gambar 5, ialah hasil dari pengembangan media pembelajaran dengan mikrokontroler yang digunakan ialah NodeMCU ESP8266 karena mampu terkoneksi Wi-Fi [15], dimensi yang kecil, dan cocok untuk pengenalan IoT. Sensor yang digunakan ialah sensor PZEM-004T dibantu dengan *current transformer*, sehingga sensor ini dapat mengukur arus, tegangan, daya, energi, frekuensi, dan faktor daya [16]. Data yang ditampilkan juga bisa dipantau melalui LCD I2C 16x2 maupun dengan IoT melalui platform Blynk. Sumber listrik dari media pembelajaran ini menggunakan sumber AC 220V dibantu dengan terminal block untuk menata dan mengamankan, sedangkan dari sumber DC menggunakan adaptor 5V untuk menyuplai daya MCU, sensor, dan LCD.



Gambar 5. Hasil Pengembangan Media Pembelajaran

b. Modul Pembelajaran

Modul pembelajaran yang dikembangkan ditujukan untuk membantu peserta didik dalam memahami materi media pembelajaran, komponen yang digunakan, instalasi *software*, petunjuk penggunaan, serta *troubleshooting* dan perawatan media pembelajaran pengukuran parameter listrik berbasis IoT.

- 1) BAB I: Pengenalan Media Pembelajaran
- 2) BAB II: Komponen Media Pembelajaran

- 3) BAB III: Instalasi dan Konfigurasi Media Pembelajaran
- 4) BAB IV: Analisis dan Pengukuran Parameter Listrik
- 5) BAB V: Troubleshooting dan Pemeliharaan

c. *Labsheet Pembelajaran*

Labsheet ini disusun untuk membantu siswa dalam memahami konsep dan pengukuran data parameter listrik melalui media pembelajaran. Pada tahap ini, labsheet disusun menjadi lima dengan penyusunan kesulitan yang berbeda didasarkan pada ranah kognitif taksonomi bloom [17], yaitu:

- 1) **Identifikasi dan Pemahaman Fungsi Komponen Modul Pengukuran Listrik**
Kompetensi yang digunakan dalam labsheet ini ialah memahami komponen (C2), mengidentifikasi komponen dan fungsinya (C2), serta menggambar skema hubungan antar komponen (C3).
- 2) **Mengukur Tegangan, Arus, dan Daya Listrik dengan Modul Pengukuran Listrik**
Kompetensi yang digunakan dalam labsheet ini ialah menghubungkan komponen (C3), mengamati hasil pengukuran (C2), serta membandingkan hasil pengukuran (C4).
- 3) **Memantau Konsumsi Energi dan Faktor Daya dengan Modul Pengukuran Listrik**
Kompetensi yang digunakan dalam labsheet ini ialah menghubungkan komponen (C3), mengamati hasil pengukuran (C2), serta membandingkan konsumsi beban induktif dengan beban resistif (C4).
- 4) **Menggunakan Modul Pengukuran Listrik untuk Analisis Frekuensi**
Kompetensi yang digunakan dalam labsheet ini ialah menghubungkan komponen (C3), mengamati hasil pengukuran (C2), serta mengidentifikasi sebab perubahan frekuensi (C4).
- 5) **Menganalisis Troubleshooting pada Modul Pengukuran Listrik**
Kompetensi yang digunakan dalam labsheet ini ialah memahami fungsi LED & push button (C2), menggunakan LED untuk mendeteksi status/gangguan (C3), menggunakan push button untuk reset/aktivasi manual (C3), serta menganalisis dan mengatasi gangguan listrik (C4).

d. *Hasil Pengujian Blackbox*

Dalam melakukan uji fungsionalitas menggunakan pengujian blackbox. Peneliti dibantu oleh lima mahasiswa program studi S1-Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta. Maksud dari tindakan ini ialah menguji dan memastikan setiap komponen media pembelajaran pengukuran parameter listrik berbasis Internet of Things dapat beroperasi atau berfungsi dengan baik.

Tabel 3. Uji Fungsionalitas

No	Fungsi Komponen	Penguji					Persentase
		1	2	3	4	5	
1	Saklar dan <i>Terminal Block</i>	✓	✓	✓	✓	✓	100%
2	<i>Breadboard</i> dan kabel	✓	✓	✓	✓	✓	100%
3	NodeMCU ESP8266	✓	✓	✓	✓	✓	100%
4	Sensor PZEM-004T dan CT	✓	✓	✓	✓	✓	100%
5	Modul Adaptor 5V	✓	✓	✓	✓	✓	100%
6	LCD I2C 16x2	✓	✓	✓	✓	✓	100%
7	<i>Software</i> Blynk	✓	✓	✓	✓	✓	100%
8	LED (Wifi, Blynk, & Error)	✓	✓	✓	✓	✓	100%
9	Button (Merah dan Hijau)	✓	✓	✓	✓	✓	100%
10	Stop Kontak	✓	✓	✓	✓	✓	100%

e. Uji Kelayakan Media dan Materi

1) Ahli Media

Validasi ini dilakukan oleh dua dosen dari departemen Pendidikan Teknik Elektro, yaitu Bapak Dr. Yuwono Indro Hatmojo, S.Pd., M.Eng. sebagai ahli media 1 dan Bapak Andik Asmara, S.Pd., M.Pd., Ph.D. sebagai ahli media 2. Untuk hasil uji kelayakan oleh ahli media tertampil pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Penilaian Kelayakan Ahli Media

No	Aspek	Skor Penilaian		Jumlah	Rerata
		Ahli 1	Ahli 2		
1	Tampilan	21	19	40	20
2	Teknis	39	39	78	36
3	Pembelajaran	19	18	37	18,5

2) Ahli Materi

Validasi ini dilakukan oleh dua dosen dari departemen Pendidikan Teknik Elektro, yaitu Bapak Dr. phil. Ir. Didik Hariyanto S.Pd.T., M.T. sebagai ahli materi 1 dan Bapak Sigit Yatmono, M.T. sebagai ahli materi 2. Untuk hasil uji kelayakan oleh ahli materi tertampil pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Penilaian Kelayakan Ahli Materi

No	Aspek	Skor Penilaian		Jumlah	Rerata
		Ahli 1	Ahli 2		
1	Kelayakan Isi	32	34	66	33
2	Kebahasaan	19	23	42	21
3	Penyajian	21	22	43	21,5
4	Kebermanfaatan	10	9	19	9,5

3) Implementasi

a. Penyiapan Pengajar

Persiapan pengajar merupakan proses yang dilakukan oleh peneliti dalam penerapan media pembelajaran pada mata pelajaran DPK 1.

b. Persiapan Peserta Didik

Persiapan bagi peserta didik dilakukan melalui pembagian angket serta video yang berisi penjelasan tentang media pembelajaran pada mata pelajaran DPK 1.

c. Percobaan Media Pembelajaran

Peneliti juga telah melakukan pengujian beberapa sampel dari pengoperasian media pembelajaran pengukuran parameter listrik berbasis IoT. Data sampel tersebut dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Data Perbandingan Media dengan Alat Ukur Konvensional

No	Jenis Beban	Parameter	Hasil Media Pembelajaran	Alat Ukur Konvensional	Selisih
1	Kipas Angin (37 W)	Tegangan (V)	208	208	0
		Arus (A)	0,17	0,18	0,01
		Daya (W)	36	37	1
2	Solder Listrik (40 W)	Tegangan (V)	208	210	2
		Arus (A)	0,15	0,16	0,01
		Daya (W)	32	34	2
3	Blower atau Solder Uap (540 W)	Tegangan (V)	220	219	1
		Arus (A)	2,45	2,46	0,01
		Daya (W)	539	538	1

Berdasarkan data uji coba media pembelajaran dengan alat ukur konvensional (multimeter dan clampmeter) tidak jauh berbeda dan masih tergolong akurat. Namun, ada perbedaan daya asli beban dengan daya yang diukur. Perbedaan ini bisa disebabkan oleh penurunan tegangan yang tidak sesuai dengan spesifikasi (220V) sehingga dayanya akan berkurang.

Tabel 7. Data Sampel Uji Coba dengan Beban Induktif dan Resistif

Beban	Peralatan		V	A	W	Hz	PF
Induktif	Kipas Angin	Lv. 1	207	0,15	32	50	0,97
		Lv. 2	207	0,17	35	50	0,98
		Lv. 3	208	0,17	36	50	1,00
	Solder Uap	Lv. 1	220	1,10	242	50	0,97
		Lv. 2	220	1,85	408	50	0,98
		Lv. 3	220	2,45	539	50	0,99
Resistif	Solder Listrik		208	0,15	32	50	1,00
	Lampu Pijar (10 W)		207	0,05	9	50	1,00
	Lampu Pijar (25 W)		207	0,11	22	50	1,00
	Kombinasi (10 W + 25 W)		208	0,17	31	50	1,00

Selanjutnya ialah uji coba sampel pada tabel 7 menggunakan beban resistif dan beban induktif. Pada beban resistif parameter listrik menunjukkan data yang relatif stabil dan akurat. Sedangkan pada bagian beban induktif terbagi menjadi beberapa tingkatan, contohnya pada daya kipas angin dengan level 1 sebesar 32W, level 2 sebesar 35W, dan level 3 sebesar 36W, ditemukan adanya variasi nilai faktor daya dan fluktuasi arus yang memengaruhi daya. Kejadian ini merupakan hal yang umum, dikarenakan beban induktif menghasilkan daya semu yang lebih besar dari daya nyata.

4) Evaluasi

Tahap evaluasi akhir ini ialah untuk memperbaiki dari tahapan sebelumnya. Berdasarkan data dari analisis proses pembelajaran dan umpan balik yang diberikan, akan dilakukan penyusunan merumuskan hasil dan kesimpulan untuk pengembangan dan penyempurnaan media pembelajaran, baik dari segi materi maupun teknis agar lebih mudah digunakan dalam proses pembelajaran mata pelajaran DPK 1 untuk siswa SMK kelas X jurusan TITL. Tahapan evaluasi pada pengembangan media pembelajaran ini dibantu oleh dosen pembimbing, dua dosen ahli media, dua dosen ahli materi, dan umpan balik dari pengguna.

3.2 Pembahasan

1. Hasil Pengembangan Media Pembelajaran

Pada pengujian fungsionalitas ini dilakukan pengujian *Black box* setiap komponen oleh lima mahasiswa prodi S1-Pendidikan Teknik Elektro UNY guna mengetahui sambungan antar komponen terpasang dengan baik dan tepat. Pengujian ini juga melibatkan interaksi antar komponen, seperti memastikan data yang tertampil di LCD sudah sesuai dengan data yang tertampil di platform IoT Blynk. Selain itu, juga melibatkan pengujian pada sensor PZEM-004T, apakah data yang tertampil pada LCD atau Blynk sudah sesuai dengan alat ukur konvensional atau bahkan memastikan data parameter listrik tidak lebih dari toleransi yang dimiliki sensor PZEM-004T. Hasil dari pengujian ini, tentunya akan memastikan bahwa media pembelajaran tidak hanya berfungsi secara teknis, namun juga memberikan pengalaman proses pembelajaran yang interaktif dan mendukung pemahaman belajar peserta didik.

2. Tingkat Kelayakan Media Pembelajaran

a. Uji Validitas Instrumen

Uji validitas instrumen ini, dibantu oleh dosen Departemen Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta, yaitu Bapak Dr. phil. Ir. Muhamad Ali M.T., IPU., ASEAN Eng. Dan Bapak Dr. Drs. Totok Heru Tri Maryadi M.Pd. selaku dosen pembimbing. Hasil dari proses ini menyatakan instrumen penelitian “Layak digunakan dengan perbaikan”.

Selanjutnya ialah hasil validitas dari pengujian butir instrumen responden menggunakan korelasi Pearson dengan aplikasi SPSS versi 25 menunjukkan bahwa seluruh 30 butir yang diuji dinyatakan valid karena r hitung $>$ r tabel [10].

b. Uji Reliabilitas Instrumen Responden

Perhitungan proses uji reliabilitas instrumen ini dilaksanakan dengan bantuan aplikasi SPSS versi 25. Proses ini juga menggunakan pengujian Alpha Cronbach yang digunakan untuk mengukur angket respons pengguna.

Hasil Uji pada angket respons pengguna menghasilkan 0,960 dari tabel output SPSS. Hasil pengujian tersebut dikategorikan “Sangat Tinggi”. Ini menunjukkan bahwa instrumen memiliki konsistensi yang sangat baik dan dapat dipercaya untuk digunakan dalam penelitian.

c. Analisis Kelayakan Media

Hasil dari analisis kelayakan media dapat dilihat pada Tabel 8 untuk mengetahui skor rerata, skor maksimal, dan persentase kelayakannya.

Tabel 8. Analisis Kelayakan Media

No	Ahli Media	Tampilan	Teknis	Pembelajaran	Total
1	Ahli Media 1	21	39	19	79
2	Ahli Media 2	19	39	18	76
Skor rerata		20	39	18.5	77.5
Skor Maksimal		28	48	24	100
Persentase Kelayakan		71.43%	81.25%	77.08%	77.50%
		Baik	Baik	Baik	Baik

Secara keseluruhan, penilaian media memperoleh skor rerata sebesar 77,5 dari 100. Berdasarkan kategori penilaian, hasil ini termasuk dalam klasifikasi "Baik" untuk digunakan sebagai media pembelajaran.

d. Analisis Kelayakan Materi

Hasil dari analisis kelayakan materi dapat dilihat pada Tabel 9 untuk mengetahui skor rerata, skor maksimal, dan persentase kelayakannya.

Tabel 9. Analisis Kelayakan Materi

No	Ahli Materi	Kelayakan Isi	Kebahasaan	Penyajian	Kemanfaatan	Total
1	Ahli Materi 1	32	19	21	10	82
2	Ahli Materi 2	34	23	22	9	88
Skor rerata		33	21	21.5	9.5	85
Skor Maksimal		40	24	24	12	100
Persentase Kelayakan		82.50%	87.50%	89.58%	79.17%	85.00%
		Sangat Baik	Sangat Baik	Sangat Baik	Baik	Sangat Baik

Secara keseluruhan, penilaian materi memperoleh skor rerata sebesar 85 dari 100. Berdasarkan kategori penilaian, hasil ini termasuk dalam klasifikasi "Sangat Baik" untuk digunakan sebagai media pembelajaran.

3. Analisis Respons Pengguna

Hasil dari analisis respons pengguna dapat dilihat pada Tabel 10 untuk mengetahui skor rerata, skor maksimal, dan persentase kelayakannya.

Tabel 10. Analisis Respons Pengguna

Aspek	Tampilan	Penyajian	Kebahasaan	Kemanfaatan	Grafik	Total
Jumlah Total	534	1303	790	394	932	3953
Rerata	14.43	35.22	21.35	10.65	25.19	106.84
Nilai maksimal	16	40	24	12	28	120
Persentase Kelayakan	90.20%	88.04%	88.96%	88.74%	89.96%	89.03%
	Sangat Baik	Sangat Baik	Sangat Baik	Sangat Baik	Sangat Baik	Sangat Baik

Responden terdiri dari 35 siswa kelas X jurusan TITL dan dua guru DPK 1 di SMKN 2 Yogyakarta. Secara keseluruhan, analisis respons pengguna memperoleh skor rerata 106,84 dari 120. Berdasarkan kategori penilaian, hasil ini termasuk dalam kategori "Sangat Baik".

4. Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

Penelitian yang dilakukan oleh Jimmy Luthfi Aggista yang berjudul "Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Menggunakan Sensor PZEM-004T berbasis Internet Of Things" [18]. Metode yang digunakan pada penelitian ini ialah ADDIE. Penelitian ini bertujuan mengawasi besaran listrik pada panel secara langsung dengan mengaplikasikan sistem monitoring daya berbasis IoT dengan sensor PZEM-004T, NodeMCU ESP8266, dan ditampilkan melalui LCD atau aplikasi Blynk.

Penelitian yang dilakukan oleh Irfan Okki Setiawan yang berjudul "Sistem Monitoring Penggunaan Listrik menggunakan Sensor PZEM-004T berbasis Internet of Things (IoT)" [19]. Metode yang digunakan pada penelitian ini ialah *prototype*. Penelitian ini bertujuan memantau pemakaian listrik dari jarak jauh secara langsung atau *real-time*. Relevansi penelitian ini ada pada pengembangan dari penelitian yang sama walaupun menggunakan mikrokontroler yang berbeda.

Penelitian yang dilakukan oleh Irvandi yang berjudul "Perancangan Prototype Alat Monitoring Listrik pada Rumah Tangga berbasis IoT (Internet of Things)" [20]. Metode yang dipakai dalam penelitian ini ialah metode *prototype* dengan fungsi sebagai kerangka kerja. Penelitian ini bertujuan memahami pemakaian peralatan listrik pada rumah tangga dan kebocoran arus karena borosnya penggunaan listrik. Hasil dari pemantauan listrik ini dapat diketahui melalui aplikasi Blynk yang terkoneksi dengan internet sehingga dapat menampilkan nilai yang terbaca oleh sensor. Parameter yang dapat terbaca adalah tegangan, arus, daya, dan energi melalui kombinasi PZEM-004T dan ESP8266.

Perbedaan sekaligus kelebihan dari penelitian saya terletak pada jenis dan tujuan penelitiannya, di mana penelitian yang saya lakukan menggunakan metode R&D dengan pendekatan ADDIE untuk mengembangkan media pembelajaran siswa SMK kelas X TITL pada mata pelajaran DPK 1 serta pembahasan parameter listrik lain seperti energi, frekuensi, dan faktor daya.

4. SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan. Pertama, media pembelajaran pengukuran parameter listrik berbasis IoT berhasil dikembangkan melalui tahapan identifikasi masalah, perancangan, perakitan, pemrograman, dan uji kelayakan, sehingga menghasilkan media yang efektif, mudah digunakan, dan mampu mendukung proses belajar siswa secara interaktif. Kedua, unjuk kerja dengan *black box testing* juga menunjukkan bahwa seluruh komponen berfungsi dengan baik. Ketiga, hasil uji kelayakan oleh dua ahli media mendapatkan persentase total sebesar 77,50% dengan kategori “Baik” dan kelayakan oleh dua ahli materi mendapatkan persentase total sebesar 85,00% dengan kategori “Sangat Baik”. Terakhir, uji respons pengguna oleh 37 responden mendapatkan persentase total sebesar 89,03% dengan kategori “Sangat Baik”. Temuan ini menunjukkan bahwa media pembelajaran yang dikembangkan efektif dan relevan untuk mendukung siswa kelas X jurusan TITL pada mata pelajaran DPK 1.

Saran yang dapat peneliti berikan berdasarkan hasil penelitian ialah sebagai berikut: (1) Untuk pengajar, media pembelajaran ini dapat digunakan dalam meningkatkan efisiensi dan solusi alternatif dalam menyampaikan materi pada mata pelajaran DPK 1. (2) Untuk peserta didik, media pembelajaran ini dapat digunakan sebagai sebuah kesempatan dalam memahami sesuatu yang baru di era teknologi yang terus berkembang, terutama untuk anak SMK yang lebih suka praktikum.

5. REFERENSI

- [1] A. Santika, E. Simanjuntak, R. Amalia, and S. Kurniasari, “Peran Pendidikan Sekolah Menengah Kejuruan Dalam Memposisikan Lulusan Siswanya Mencari Pekerjaan Info Artikel Abstrak,” *J. Kajian, Penelit. dan Pengemb. Kependidikan*, vol. 14, no. 1, pp. 84–94, 2023.
- [2] N. Purba, M. Yahya, and Nurbaiti, “Revolusi Industri 4.0 : Peran Teknologi Dalam Eksistensi Penguasaan Bisnis Dan Implementasinya,” *J. Perilaku Dan Strateg. Bisnis*, vol. 9, no. 2, pp. 91–98, 2021.
- [3] Y. B. Widodo, A. M. Ichsan, and T. Sutabri, “Perancangan Sistem Smart Home Dengan Konsep Internet Of Things Hybrid Berbasis Protokol Message Queuing Telemetry Transport,” *J. Teknol. Inform. dan Komput.*, vol. 6, no. 2, pp. 123–136, 2020.
- [4] Mustaziri, Y. Mirza, and H. Deviana, “Sistem Monitoring Parkir Mobil Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno,” *12 J. JUPITER*, vol. 12, no. 2, pp. 12–25, 2020.
- [5] Irwanto, “Link and Match Pendidikan Kejuruan Dengan Dunia Usaha dan Industri di Indonesia,” *J. Inov. Penelit.*, vol. 2, no. 2, pp. 549–562, 2021.
- [6] M. M. Moto, “Pengaruh Penggunaan Media Pembelajaran dalam Dunia Pendidikan,” *Indones. J. Prim. Educ.*, vol. 3, no. 1, pp. 20–28, 2019.
- [7] R. S. Dewi, “Penggunaan Lembar Kerja Siswa (LKS) Berbantuan Media Audio Visual Dalam Pembelajaran IPA-BIOLOGI Pada Pokok Bahasan Struktur dan Fungsi Jaringan Tumbuhan Sebagai Upaya Meningkatkan Hasil Belajar di MTs N 5 KOTA JAMBI,” *J. Literasiologi*, vol. 4, no. 2, pp. 1–22, 2020.
- [8] T. Titania and S. Widodo, “Pengembangan Media Pembelajaran Video Animasi Untuk Mata Pelajaran Mekanika Teknik Kelas X Desain Pemodelan Dan Informasi Bangunan Di SMK N 2 Yogyakarta,” *J. Pendidik. Tek. Sipil*, vol. 2, no. 2, pp. 89–94, 2020.
- [9] T. Ongko and Fauzan, “Analisa Beban Non-Linier Terhadap Nilai THDi dan THDv di Gedung Equity Tower,” *J. Elektro*, vol. 11, no. 1, pp. 57–71, 2023.
- [10] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung, 2019.
- [11] R. M. Branch, *Instructional Design: The ADDIE Approach*. New York: Springer Science, 2009.

- [12] J. Shadiq, A. Safei, and R. W. R. Loly, "Pengujian Aplikasi Peminjaman Kendaraan Operasional Kantor Menggunakan BlackBox Testing," *Inf. Manag. Educ. Prof. J. Inf. Manag.*, vol. 5, no. 2, p. 97, 2021.
- [13] S. Arikunto, *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan (2 ed.)*. Jakarta: Bumi Aksara, 2015.
- [14] I. Shuhada, M. Fatkhurrohman, and E. Permata, "Pengembangan Modul Dan Jobsheet Instalasi Motor Listrik Berbasis Project Based Learning Di Smkn 1 Cinangka," *J. Ilm. Wahana Pendidik.*, vol. 9, no. 15, pp. 200–215, 2023.
- [15] I. S. Nugroho and A. Hadi, "Rancang Bangun Trainer Smart Home dengan FiturVoice Recognition Menggunakan Mikrokontroler Nodemcu Esp8266 Berbasis Internet of Things Isworo," *Vocat. Tek. Elektron. dan Inform.*, vol. 10, no. 4, pp. 36–44, 2022.
- [16] M. N. Adiwiranto, C. B. Waluyo, and B. Sudibya, "Prototipe Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Serta Estimasi Biaya Pada Peralatan Rumah Tangga Berbasis Internet of Things," *J. Edukasi Elektro*, vol. 6, no. 1, pp. 32–41, 2022.
- [17] D. A. Nafiati, "Revisi taksonomi Bloom: Kognitif, afektif, dan psikomotorik," *Humanika*, vol. 21, no. 2, pp. 151–172, 2021.
- [18] J. L. Aggista, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Menggunakan Sensor PZEM-004T Berbasis Internet Of Things," Universitas Negeri Yogyakarta, 2020.
- [19] I. O. Setiawan, "Sistem Monitoring Penggunaan Listrik Menggunakan Sensor PZEM – 004T Berbasis Internet Of Things (IoT)," Universitas Semarang, 2022.
- [20] Irvandi, "Perancangan Prototype Alat Monitoring Listrik Pada Rumah Tangga Berbasis IOT (INTERNET OF THINGS)," Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, 2022.

6. BIOGRAFI PENULIS

Ditra Syahrulkh Mukhodam adalah mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Elektro angkatan 2021 di Universitas Negeri Yogyakarta. Ia aktif mengikuti berbagai organisasi mahasiswa maupun UKM yang ada di kampus, seperti HIMA Eleko, UKM Restek Ativator, UKM Restek KRI, dan DPM. Ia telah meraih berbagai prestasi berkaitan dengan karya tulis ilmiah dan ajang Kontes Robot Seni Tari Indonesia (KRSTI) tingkat regional dan nasional. Pengalaman profesionalnya mencakup magang di INASTEK serta menjadi instruktur praktik Dasar Program Keahlian 1 di SMKN 2 Yogyakarta. Minat dan keahliannya meliputi mikrokontroler, elektronik, *Programmable Logic Controller*, dan pendidikan teknik. (email: dit-rasyahrulkh.2021@student.uny.ac.id)

Dr. Drs. Totok Heru Tri Maryadi M.Pd. Lahir di Magetan Jawa Timur, menyelesaikan S1 Pendidikan Teknik Listrik FPTK IKIP Yogyakarta tahun 1994, S2 Bidang Pendidikan Teknologi dan Kejuruan UNY tahun 2002 dan S3 Bidang Pendidikan Teknologi dan Kejuruan UNY tahun 2023. Bidang Keahlian yang ditekuni adalah Pembelajaran Sistem Kendali Tenaga Listrik. Aktif dalam berbagai organisasi profesi, forum ilmiah, dan penelitian. (email: totokheru@uny.ac.id)