

Pengembangan *Training Kit Multi Sensor Terintegrasi Smart Relay Zelio SR2B201FU* Untuk Meningkatkan Kreativitas Teknis Mahasiswa

Nanda Julian AlFaris¹, Fendi Achmad², Yulia Fransisca³, Ali Nur Fathoni⁴
Program Studi S1 Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya,
Kota Surabaya, Jawa Timur^{1,2,3,4}

*Email: nandajulian.22018@mh.s.unesa.ac.id

Diterima: 02-07-2026 | Disetujui: 08-07-2026 | Diterbitkan: 10-07-2026

ABSTRACT

This study aims to develop a multi-sensor training kit integrated with the Smart Relay Zelio SR2B201FU. The primary objective of this development is to enhance students' technical creativity in dealing with complex intelligent control systems. Through this training kit, students are expected to have a practical platform to explore the integration of various types of sensors into industrial automation systems. The research method employed is Research and Development (R&D). The development process includes the hardware design phase, the preparation of accompanying jobsheets, and supporting instruments such as response questionnaires and observation sheets. Product feasibility was tested through media and material expert validation, while practicality and effectiveness were tested directly on students by comparing learning outcomes before and after using the kit. The results indicate that the training kit is highly feasible, with media expert validation scoring 78% and jobsheet material scoring 76%. The practicality score from students reached 84% (Very Practical). In terms of effectiveness, statistical tests showed a significant difference with a value of 0.000 and an average N-gain of 0.55 (moderate category). These findings prove that the integration of motion, light, sound, and mechanical sensors in this learning media successfully enhances students' ability to explore technical solutions creatively.

Keywords: Training Kit; Multi-Sensor; Zelio SR2B201FU; Technical Creativity.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah *training kit* multi sensor yang terintegrasi dengan *Smart Relay Zelio SR2B201FU*. Fokus utama dari pengembangan ini adalah untuk meningkatkan kreativitas teknis mahasiswa dalam menghadapi sistem kendali cerdas yang kompleks. Melalui alat peraga ini, diharapkan mahasiswa memiliki wadah praktis untuk mengeksplorasi pengintegrasian berbagai jenis sensor ke dalam sistem otomatisasi industri. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D). Proses pengembangan mencakup tahap desain alat, penyusunan *jobsheet* pendamping, serta instrumen pendukung seperti angket respon dan lembar observasi. Kelayakan produk diuji melalui validasi ahli media dan ahli materi, sementara tingkat kepraktisan dan efektivitasnya diuji langsung kepada mahasiswa melalui perbandingan hasil belajar sebelum dan sesudah penggunaan alat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *training kit* ini sangat layak digunakan dengan skor validasi ahli media sebesar 78% dan materi *jobsheet* sebesar 76%. Tingkat kepraktisan media oleh mahasiswa mencapai nilai 84% (Sangat Praktis). Dari sisi efektivitas, uji statistik menunjukkan perbedaan signifikan dengan

nilai 0,000 dan rata-rata *N-gain* sebesar 0,55 (kategori sedang). Temuan ini membuktikan bahwa integrasi sensor gerak, cahaya, suara, dan mekanik dalam media ini berhasil meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam mengeksplorasi solusi teknis secara kreatif.

Kata kunci: *Training Kit*; Multi Sensor; Zelio SR2B201FU; Kreativitas Teknis.

Bagaimana Cara Sitasi Artikel ini:

AlFaris, N. J., Achmad, F. ., Fransisca, Y. ., & Fathoni, A. N. . (2026). Pengembangan Training Kit Multi Sensor Terintegrasi Smart Relay Zelio SR2B201FU Untuk Meningkatkan Kreativitas Teknis Mahasiswa. *Educational Journal*, 1(4), 2327-2344. <https://doi.org/10.63822/p8d86v96>

PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan fondasi utama dalam pembangunan sumber daya manusia yang berkualitas dan berdaya saing global. Dalam menjawab kebutuhan perkembangan zaman, pendidikan dituntut tidak hanya menghasilkan lulusan yang menguasai teori, tetapi juga kemampuan praktis serta inovasi kreatif yang relevan dengan dinamika industri modern (R. Mukhlishina *et al.*, 2023). Oleh karena itu, Media pembelajaran interaktif berbasis teknologi terbaru & inovatif terbukti mampu meningkatkan kreatifitas dan motivasi belajar peserta didik (Sumilat & Watulangkow, 2025).

Penelitian terdahulu seperti yang dilakukan oleh (Haryudo *et al.*, (2021) mengembangkan dan mengimplementasikan training kit otomasi instalasi listrik berbasis *project-based learning* dengan tujuan meningkatkan motivasi belajar, keterampilan berpikir kritis, dan kompetensi mahasiswa teknik elektro. Meskipun *training kit* ini memberikan hasil positif dalam meningkatkan kemampuan teknis mahasiswa, masih terdapat tantangan dalam integrasi alat dan fleksibilitas modul untuk mendukung kreativitas serta kecakapan praktis secara optimal. Sedangkan penelitian (M. A. Malikussaleh, (2019) telah berkontribusi dalam pengembangan *training kit* dan alat praktikum sederhana yang berfungsi untuk meningkatkan kreativitas dan keterampilan teknik mahasiswa. Akan tetapi, alat yang dikembangkan cenderung bersifat parsial dan belum mengakomodasi integrasi *multi sensor* dengan *smart relay*, mengurangi potensi pembelajaran berbasis proyek secara holistik dan aplikatif sesuai kebutuhan industri terkini.

Memandang peluang untuk memperbaiki kekurangan tersebut, penulis penelitian ini mengembangkan *training kit multi sensor* yang terintegrasi dengan *smart relay* Zelio SR2B201FU. Perpaduan sistem ini memungkinkan mahasiswa melakukan eksperimen dan pengujian yang lebih kompleks dan realistis dalam skenario dunia kerja. Selain itu, media ini mendukung pembelajaran berbasis proyek yang dapat meningkatkan kreativitas dan kemandirian mahasiswa dalam menyelesaikan masalah teknik secara nyata (De Fretes, 2021).

Penggunaan *multi sensor* dalam sistem otomasi dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih komprehensif. Kombinasi sensor gerak, *sensor* cahaya, *sensor* suara dan *sensor* mekanik (*limit switch*) mencerminkan fenomena yang sering ditemui pada sistem kontrol di dunia nyata (Ramli *et al.*, 2020). Pengembangan *training kit* ini semakin penting mengingat tuntutan tenaga kerja vokasi yang harus mampu memiliki keterampilan teknik mendalam sekaligus kreatif dalam menghadapi perubahan teknologi yang cepat. (R. Setyo & Rosmana, (2024) menegaskan kebutuhan akan inovasi dalam media praktikum yang dapat mendukung praktik dan penguasaan sistem otomasi secara interaktif dan aplikatif. Penelitian terkini menunjukkan bahwa penggunaan media pembelajaran interaktif, seperti aplikasi berbasis simulasi dan pengembangan proyek alat peraga (*training kit*), secara signifikan mampu meningkatkan keaktifan serta pemahaman peserta didik dalam proses pembelajaran otomasi. Media tersebut memberikan pengalaman belajar yang lebih nyata dan mendorong keterlibatan aktif siswa dalam menguasai konsep dan keterampilan praktis di bidang otomasi industri.

Hal ini dikarenakan media interaktif memberikan kesempatan bagi peserta didik untuk belajar secara mandiri, eksploratif, dan kontekstual sehingga mempermudah penguasaan konsep dan keterampilan sistem otomasi yang kompleks (Rahayu & Rochmawati, (2024). Dengan demikian, penelitian seperti pengembangan *training kit multi sensor* ini diharapkan dapat menjembatani kesenjangan antara teori dan

praktik serta mendukung pencapaian hasil belajar optimal di lingkungan pendidikan vokasi/praktik khususnya di Universitas Negeri Surabaya.

Sebagai kebaruan dari penelitian sebelumnya *training kit multi sensor integrasi smart relay zelio SR2B201FU* yang dikembangkan penulis menyajikan sistem keterpaduan *multi sensor* dengan *smart relay* industri secara modular dan mudah digunakan dalam konteks pembelajaran praktikum. Hal ini belum banyak dijumpai dalam kajian atau media *tutor kit* sebelumnya, sehingga memberikan nilai tambah dan kontribusi nyata bagi pendidikan teknik. Oleh karena itu, inovasi dalam media dan metode pembelajaran praktik, khususnya pengembangan *tutor kit* yang lebih modular dan aplikatif, menjadi sangat penting untuk mendorong proses pembelajaran yang efektif dan relevan (Purwaningtias & Chamami, 2025).

Rumusan masalah dalam penelitian ini disusun untuk menjawab beberapa persoalan utama. Persoalan tersebut meliputi tingkat kelayakan *training kit smart relay* multi sensor Zelio SR2B201FU berdasarkan penilaian yang diberikan oleh ahli materi dan ahli media. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui tingkat kepraktisan penggunaan *training kit* tersebut saat diimplementasikan pada mata kuliah praktikum otomasi industri. Lebih lanjut, dikaji pula sejauh mana efektivitas penggunaan *training kit smart relay* multi sensor berbasis Zelio SR2B201FU ini dalam memengaruhi atau meningkatkan kreativitas teknis mahasiswa.

Batasan masalah yang digunakan adalah sistem otomatisasi yang dirancang dalam penelitian ini hanya menggunakan *smart relay* Zelio SR2B201FU sebagai perangkat pengendali utamanya. Jenis sensor yang diintegrasikan juga dibatasi pada sensor gerak (PIR), sensor cahaya (LDR), sensor suara (*sound sensor*), dan sensor mekanik (*limit switch*) yang disesuaikan dengan kebutuhan ruang lingkup penelitian. Pengembangan sistem beserta alatnya hanya difokuskan untuk berfungsi sebagai media pembelajaran pada praktikum mahasiswa. Sementara itu, variabel yang diteliti dibatasi pada ranah psikomotorik, khususnya kreativitas teknis mahasiswa yang menjurus pada bidang otomasi industri dengan konsentrasi penggunaan *smart relay*.

Tujuan penelitian ini untuk menganalisis tingkat kelayakan dari *training kit smart relay* multi sensor Zelio SR2B201FU pada mata kuliah praktikum otomasi industri melalui hasil validasi dan penilaian dari ahli materi serta ahli media. Selanjutnya, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis respon mahasiswa mengenai tingkat kepraktisan penggunaan *training kit* tersebut dalam proses pembelajaran. Penelitian ini juga diarahkan untuk menganalisis efektivitas penggunaan *training kit smart relay* multi sensor Zelio SR2B201FU dalam meningkatkan aspek kreativitas teknis mahasiswa.

KAJIAN PUSTAKA

Pembelajaran Otomasi Industri

Pembelajaran otomasi industri merupakan bagian penting dalam pendidikan vokasi teknik yang bertujuan membekali mahasiswa dengan kompetensi pengendalian, pemrograman, dan monitoring sistem produksi berbasis teknologi otomatis. Otomasi industri memanfaatkan berbagai instrumen seperti sensor, aktuator, dan kontroler cerdas untuk meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi kesalahan manusia, serta menjaga kualitas produk dan keamanan (Sudirman & Kurniawan, 2022). Proses pembelajaran otomasi bertujuan agar mahasiswa tidak hanya memahami teori dasar, tetapi juga mampu mengaplikasikan konsep

pengendalian proses secara nyata melalui penggunaan aplikasi dan perangkat simulasi industri yang relevan dan terbaru (Ristanto, 2024).

Teori Kreativitas

Teori Kreativitas Komponensial (*Componential Theory of Creativity*) merupakan salah satu model teoretis paling komprehensif dalam psikologi, teori kreativitas yang pertama kali dikembangkan oleh Teresa M. Amabile pada tahun 1983 (Amabile, 1983) dan terus berkembang melalui berbagai revisi hingga versi terbaru pada 2012. Amabile mengembangkan teori ini berdasarkan tinjauan ekstensif terhadap literatur kreativitas serta penelitian empiris *longitudinal* selama lebih dari tiga dekade, termasuk studi kasus inovasi teknologi seperti pengembangan *E Ink*. Model ini secara eksplisit membedakan kreativitas dari inovasi, di mana kreativitas fokus pada generasi ide, sementara inovasi menekankan implementasi ide tersebut dalam konteks organisasi.

Dalam penelitian ini, kreativitas difokuskan secara spesifik pada kreativitas teknis dalam konteks otomasi industri, bukan kreativitas umum atau seni. Kreativitas teknis mahasiswa diukur dari kemampuan menghasilkan ide dan solusi baru yang tepat (*novel and appropriate*) dalam merancang, memodifikasi, dan mengembangkan rangkaian serta program *ladder diagram* pada *training kit multi sensor* terintegrasi *smart relay* Zelio SR2B201FU. Hal ini selaras dengan teori Amabile di mana *domain-relevant skills* seperti (penguasaan sensor PIR, LDR, *sound*, *limit switch*, dan pemrograman zelio soft) menjadi bahan baku, *creativity relevant processes* (keluwesan menghasilkan alternatif logika kendali) sebagai proses berpikir, serta *task motivation* (tantangan praktikum PjBL) yang didukung *social environment* laboratorium otomasi industri.

Pembelajaran Berbasis Proyek

Pembelajaran berbasis proyek adalah metode pembelajaran yang menggunakan proyek atau kegiatan sebagai media. Dalam metode ini, mahasiswa melakukan eksplorasi, penilaian, interpretasi, sintesis, dan informasi untuk menghasilkan berbagai hasil belajar. *Project-based learning*/Pembelajaran Berbasis Proyek merupakan metode pembelajaran yang memberikan kesempatan kepada tenaga pendidik untuk mengelola pembelajaran di kelas dengan melibatkan kerja proyek. Kerja proyek memuat tugas-tugas yang kompleks berdasarkan kepada pertanyaan dan permasalahan yang sangat menantang, dan menuntut mahasiswa untuk merancang, memecahkan masalah, membuat keputusan, melakukan kegiatan investigasi, serta memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk bekerja secara mandiri. Tujuannya adalah agar mahasiswa mempunyai kemandirian dalam menyelesaikan tugas yang dihadapinya, serta meningkatkan kemampuan berpikir kritis, analisis, dan solusi masalah (Eliza *et al.*, 2019).

Manfaat utama dari model pembelajaran berbasis proyek (PJBL) sangat beragam dan memberikan dampak positif yang signifikan terhadap perkembangan peserta didik. *Project Based Learning* mampu meningkatkan motivasi belajar siswa karena mereka terlibat langsung dalam proyek nyata dan relevan dengan kehidupan mereka, sehingga pembelajaran menjadi lebih menarik dan bermakna. Model pembelajaran *Project Based Learning* terbukti efektif meningkatkan motivasi belajar peserta didik dengan melibatkan mereka secara aktif dalam proyek yang relevan dengan kehidupan sehari-hari. Selain itu, *project based learning* mendorong pengembangan keterampilan berpikir kritis, analitis, dan pemecahan masalah

karena siswa dihadapkan pada tantangan dunia nyata yang menuntut pemecahan kreatif dan sistematis (Nurfitriyani & Kurniasih, 2023).

Smart Relay dan Ladder Diagram

Smart relay merupakan perangkat kendali logika yang berada di antara relay konvensional sederhana dan PLC (*Programmable Logic Controller*). *Smart relay* menggabungkan kemampuan pemrograman *ladder*, *input/output* digital, serta fitur tambahan seperti penjadwalan dan memori. *Smart relay* sering disebut sebagai *programmable relay* atau *logic relay* dan banyak digunakan di aplikasi skala kecil hingga menengah karena kemudahan penggunaan dan biaya relatif rendah dibanding PLC penuh.

Zelio Logic SR2B201FU merupakan *smart relay* tipe *compact* dalam keluarga Zelio SR2 yang menyediakan total 20 titik I/O, terdiri atas 12 *input diskrit* dan 8 *output* relay, sehingga sangat sesuai untuk aplikasi otomasi sederhana maupun media praktikum di laboratorium. Perangkat ini dirancang untuk bekerja pada tegangan catu 100–240 V AC dengan konsumsi daya sekitar 11 VA, serta dilengkapi perlindungan terhadap kesalahan pemasangan terminal sehingga instruksi kontrol tidak dieksekusi ketika terjadi pembalikan sambungan. Fitur tampilan LCD dengan *backlight* dan tombol navigasi lokal memungkinkan pengguna melakukan pemantauan status dan pemrograman logika dasar langsung pada unit tanpa selalu bergantung pada PC, sementara *output* relay berkapasitas hingga 8 A cukup untuk mengendalikan beban kecil seperti lampu indikator, buzzer, atau aktuator sederhana dalam lingkungan pembelajaran maupun otomasi ringan (Electric, 2020). *Zeliosoft* merupakan salah satu jenis perangkat lunak aplikasi yang digunakan untuk memprogram *smart relay*.

Ladder diagram (LD), juga dikenal sebagai *ladder logic*, adalah salah satu bahasa pemrograman standar yang digunakan dalam sistem kontrol otomasi industri, khususnya pada *Programmable Logic Controllers (PLC)* dan *smart relay* seperti Zelio. Bentuknya menyerupai rangkaian relay dan kontaktor listrik, sehingga mudah dipahami oleh teknisi dan insinyur yang memiliki latar belakang elektrik (J. M. Smith, 2020). Prinsipnya, *diagram ladder* merupakan sebuah fungsi logika yang memetakan kondisi *inputnya* ke *outputnya*. Fungsi-fungsi logika ini dibentuk berdasarkan konsep logika.

Sensor

Sensor adalah perangkat elektronik yang berfungsi sebagai *pancaindra* dalam sistem teknologi modern. Sensor bertugas mendeteksi perubahan dalam lingkungan fisik seperti gerak, suhu, cahaya, suara, tekanan, atau kelembapan dan mengubahnya menjadi sinyal listrik yang dapat diproses oleh sistem kontrol, seperti *microcontroller*, *smart relay*, atau *Programmable Logic Controller (PLC)*. Dalam dunia otomasi, sensor berperan sebagai indera mesin untuk mengenali kondisi lingkungan di sekitarnya. Tanpa sensor, sistem tidak dapat mengetahui kondisi sekitar, sehingga kendali otomatis tidak mungkin terjadi. Sensor terbukti meningkatkan efisiensi dan responsivitas sistem, sekaligus memungkinkan pemantauan kondisi secara *real-time* yang mendukung konservasi energi (Pambudi *et al.*, 2025).

Training kit Multi Sensor

Training kit multi sensor berbasis *smart relay* Zelio merupakan perangkat edukasi yang dirancang untuk memperkenalkan dan melatih mahasiswa mengenai sistem kendali otomatis menggunakan berbagai

jenis sensor sekaligus dalam satu platform. Dalam *training kit* ini, sensor gerak (PIR), sensor cahaya (LDR), sensor suara dan sensor mekanik diintegrasikan sehingga dapat digunakan untuk mengasah kemampuan analisis, pemrograman logika kendali, dan *troubleshooting* secara langsung. *Training kit* ini memanfaatkan *smart relay zelio* sebagai pusat kontrol digital yang mampu menerima *input* dari *sensor*, menjalankan logika yang telah diprogram menggunakan *Ladder diagram*, dan mengeksekusi *output* seperti alarm, lampu, maupun indikator lainnya. Dengan simulasi situasi nyata seperti deteksi gerak di ruang rahasia, perubahan intensitas pencahayaan, dan respon terhadap suara, mahasiswa belajar memadukan teori dan praktik yang sangat relevan untuk kebutuhan industri otomasi dan keamanan modern. Adanya *training kit* terbukti meningkatkan pemahaman, motivasi, serta keterampilan praktikum mahasiswa teknik dan vokasi (Apriyanto *et al.*, 2024).

Penelitian yang Relevan

Penelitian ini merujuk pada sejumlah studi terdahulu yang relevan dengan sistem kendali dan pengembangan media pembelajaran teknik, di antaranya penelitian Irawan (2021) yang merancang *training kit* berbasis Zelio Smart Relay untuk mendigitalisasi dan meningkatkan keamanan praktikum kendali motor listrik dari sistem relai konvensional. Penerapan Zelio Smart Relay ini sejalan dengan penelitian Sawidin (2025) yang memanfaatkannya bersama *Phase Failure Relay* (PFR) untuk proteksi sistem kelistrikan industri secara otomatis, studi Sulistiawati (2024) mengenai otomatisasi *switching* kontinuitas suplai daya hibrida antara PLTS dan jaringan PLN, serta rekayasa presisi pengontrolan motor *stepper* berbasis *ladder diagram* oleh Tarigan (2023). Di ranah pendidikan vokasi, pengembangan media *trainer* berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC) turut menjadi fokus utama, seperti penelitian *Research and Development* (R&D) model ADDIE oleh Bakti Waluyo *et al.* (2025) untuk pembelajaran sistem kendali industri di SMK, serta perancangan *trainer* PLC sederhana dengan input sensor tunggal oleh Putra (2023) dan Nurhayati (2023) guna memudahkan siswa menguasai konsep dasar kendali tanpa hambatan kompleksitas multi-sensor. Upaya penyederhanaan perangkat instruksional semacam ini juga diperkuat oleh R. Sari (2022) melalui paduan PLC dasar dan kontrol konvensional, pengembangan *trainer* PLC mikrokontroler berpendekatan sederhana oleh Wulandari *et al.* (2024), serta implementasi *trainer* motor berbasis relai dan *limit switch* mekanik oleh Hidayat (2021), yang secara keseluruhan bertujuan untuk mengoptimalkan penyampaian materi dan memperkuat kompetensi teknis praktis siswa di ruang kelas.

Kerangka Konseptual

Ketiadaan *training kit* multi-sensor berbasis *smart relay* pada program keahlian Otomasi Industri di Universitas Negeri Surabaya menjadi kendala dalam pelaksanaan pembelajaran berbasis proyek. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini mengembangkan perangkat pembelajaran berupa rancang bangun *training kit* kendali multi-sensor berbasis *Smart Relay Zelio* yang disesuaikan dengan kebutuhan praktikum. Pengembangan fasilitas ini diharapkan mampu mewujudkan proses pembelajaran yang lebih terstruktur, rapi, dan sesuai dengan sistematika kurikulum yang berlaku.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini pengembangan *training kit* sistem otomatisasi *multi* sensor berbasis *smart relay zelio SR2B201FU* jenis penelitian yang akan digunakan yaitu metode pengembangan atau *research and development (R&D)* (Alpiani *et al.*, 2022). Penelitian *Research and Development (R&D)* adalah suatu proses sistematis yang dilakukan untuk menciptakan, mengembangkan, dan memperbaiki produk atau layanan melalui penelitian ilmiah. Penelitian ini termasuk dalam kategori penelitian pengembangan, yang sering juga disebut *Research and Development R&D*. Penelitian ini menggunakan model *ADDIE (Analyze, Design, Delopment, Impelementation, dan Evaluate)*. (Adesfiana *et al.*, 2022) model *ADDIE* ada lima fase atau tahap yang perlu dilakukan secara sistematis.

Subjek penelitian ini adalah mahasiswa program studi Pendidikan Teknik Elektro angkatan 2022 yang menempuh mata kuliah Otomasi Industri dengan jumlah peserta 21 mahasiswa. Objek penelitian ini yaitu *training kit* otomatisasi terintegrasi *multi sensor* berbasis *Smart relay Zelio SR2B201FU* yang dikembangkan sebagai media praktikum pada mata kuliah otomasi industri. Penelitian ini dilakukan pada semester ganjil tahun ajaran 2025/2026 di Laboratorium Sistem Kendali Universitas Negeri Surabaya.

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini melibatkan beberapa instrumen, antara lain penggunaan angket untuk menilai validitas media pembelajaran berupa modul *jobsheet*, serta *pre-test* dan *post-test* yang dilakukan secara konvensional. Adapun adalah alat pengukuran yang digunakan antara lain adalah observasi, angket validasi, dan test (*pre-test* dan *post-test*).

Instrumen pengumpulan data merupakan alat atau perangkat yang digunakan dalam penelitian untuk memperoleh informasi yang relevan dan diperlukan guna menjawab pertanyaan penelitian serta mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Instrumen ini berfungsi sebagai sarana untuk menghimpun data secara sistematis, sehingga hasil penelitian dapat dipertanggung jawabkan secara ilmiah. Dalam konteks penelitian ini, instrumen pengumpulan data disusun untuk menilai kelayakan, kepraktisan, dan efektivitas produk pengembangan sistem *otomatisasi multi sensor* berbasis *Smart relay zelio SR2B201FU*. Penelitian ini menggunakan teknik analisis deskriptif kuantitatif. Analisis ini bertujuan untuk mendeskripsikan kualitas media berdasarkan penilaian ahli materi dan ahli media, serta untuk mengetahui respon mahasiswa setelah menggunakan *training kit*

HASIL PENELITIAN

Produk Hasil Penelitian

Penelitian dan pengembangan ini menghasilkan produk berupa media pembelajaran *training kit multi sensor* terintegrasi *smart relay zelio SR2B201FU*, *Training kit* ini dirancang dan dikembangkan untuk membantu permasalahan dalam kurangnya penggunaan media pembelajaran praktik terhadap psikomotorik mahasiswa angkatan 2022 pendidikan teknik elektro pada elemen penerapan rangkaian otomasi industri.



Gambar 1 Training kit Multi Sensor Berbasis smart relay zelio
Sumber (dok. Pribadi)

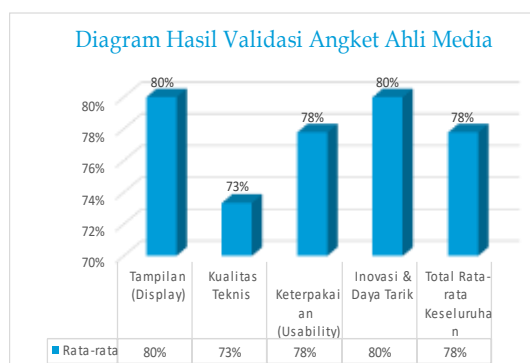
Hasil Validasi

Pada tahap validasi ini, pengembangan media ajar berupa *training kit multi sensor terintegrasi smart relay zelio* yang telah di kembangkan kemudian dilakukan validasi instrument oleh ahli materi dan media untuk menentukan layak atau tidaknya produk yang dikembangkan. Dalam proses validasi ini 3 validator.

Tabel 1 Validator

No.	Validator	Keterangan
1.	Validator I	Dosen Teknik Elektro UNESA
2.	Validator II	Dosen Teknik Elektro UNESA
3.	Validator III	Dosen Teknik Elektro UNESA

Uji Validasi Media



Gambar 2 Diagram Batang Hasil Penilaian Validator Ahli Media

Berdasarkan rekapitulasi skor hasil validasi media menghasilkan skor sebagai berikut $\frac{311}{4} = 78\%$. Berdasarkan pada hasil diatas mendapatkan nilai 78% yang dimana berarti dapat dikatakan sangat valid siap digunakan untuk dalam pembelajaran praktikum.

Uji Validasi Materi



Gambar 3 Diagram Batang Hasil Penilaian Validator Terhadap Media

Berdasarkan rekapitulasi skor hasil validasi materi menghasilkan skor sebagai berikut. $\frac{229}{3} = 76\%$. Berdasarkan pada hasil diatas mendapatkan nilai 76% yang dimana berarti dapat dikatakan sangat valid digunakan untuk dalam pembelajaran.

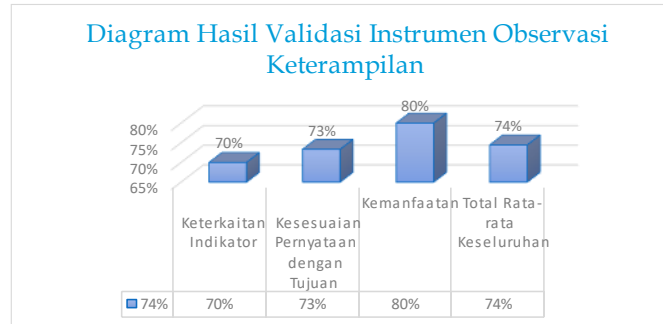
Uji Validasi Angket Respon Mahasiswa



Gambar 4 Diagram Batang Hasil Penilaian Validator Angket Respon Mahasiswa

Berdasarkan rekapitulasi skor hasil validasi angket respon mahasiswa menghasilkan skor sebagai berikut. $\frac{231}{3} = 77\%$. Berdasarkan pada hasil diatas mendapatkan nilai 77% yang dimana berarti dapat dikatakan sangat valid digunakan untuk dalam pembelajaran.

Uji Validasi Lembar Observasi Pengamatan Psikomotor Mahasiswa



Gambar 5 Diagram Hasil Validasi Intrumen Observasi Psikomotor Mahasiswa

Berdasarkan rekapitulasi skor hasil validasi lembar observasi keterampilan peserta didik menghasilkan skor $\frac{223}{3} = 74\%$. Berdasarkan pada hasil diatas mendapatkan nilai 74% yang dimana berarti dapat dikatakan valid digunakan untuk dalam pembelajaran.

Hasil Kepraktisan Media Training Kit



Gambar 6 Diagram Batang Kepraktisan Training Kit

Berdasarkan rekapitulasi skor hasil validasi lembar observasi keterampilan peserta didik menghasilkan skor sebagai berikut $\frac{223}{4} = 84\%$. Pada hasil validasi mendapatkan nilai 84% yang dimana berarti dapat dikatakan sangat praktis digunakan untuk dalam pembelajaran.

Hasil Analisis Normalitas

Uji normalitas merupakan uji prasyarat sebelum melakukan uji *Paired Sample T-Test* yang digunakan untuk mengetahui data berdistribusi dengan normal atau tidak normal. Pada uji normalitas data ini memerlukan bantuan dari *software* SPSS Statistcits V.27. Metode yang dilaksanakan menggunakan metode dari *Shapiro- Wilk* yang dimana hipotesis dan kriteria pengujian dapat dirumuskan sebagai berikut.

1) Hipotesis statistik

H0 = sampel berdistribusi normal

H1 = sampel berdistribusi tidak normal

Kriteria Pengujian

Hasil pengujian H_0 diterima apabila taraf signifikansi (sig.) $\geq 0,05$ sedangkan H_1 diterima apabila hasil signifikansi (sig.) $\leq 0,05$.

Tabel 2 Tabel Hasil Uji Normalitas

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
PreTest	,162	21	,159	,947	21	,304
PostTest	,186	21	,057	,959	21	,488

Hasil Analisis Paired Sample T Test

Uji *T-Test* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *paired sample t-test* untuk menguji perbedaan rata-rata antara dua kelompok yang saling terkait. Dasar pengambilan putusan untuk menerima atau menolak H_0 pada uji ini adalah jika nilai $\text{sig} > 0,05$ H_0 diterima atau H_1 ditolak (tidak ada perbedaan rata rata antara dua kelompok), dan jika nilai $\text{sig} < 0,05$ maka H_0 ditolak atau H_1 diterima (ada perbedaan rata rata antara dua kelompok).

Tabel 3 Tabel Hasil Uji T Paired Sample T Test

Paired Samples Test								
	Paired Differences:		Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation		Lower	Upper			
PRE_TEST - POST_TEST	-20,76190	15,98407	3,48801	-28,03777	-13,48604	-5,952	20	,000

Hasil Capaian Pre-Test dan Post-Test

Pada tahap *pre-test* penilaian difokuskan pada penguasaan dasar yang mencakup identifikasi komponen, koneksi daya, perakitan (*wiring*) *input/output*, serta simulasi perangkat lunak. Dari batas nilai maksimal 20, akumulasi skor rata-rata yang diperoleh responden adalah sebesar 11,48 (atau setara dengan 57,4%). Skor terendah pada tahap ini adalah 8, sedangkan skor tertinggi adalah 17. Hal ini menunjukkan bahwa secara umum, pemahaman awal responden terhadap kompetensi dasar perakitan dan simulasi masih berada pada taraf menengah ke bawah. Setelah dilakukannya intervensi pembelajaran, hasil *post-test* menunjukkan indikasi peningkatan performa praktikal responden. Penilaian akhir difokuskan pada keterampilan terapan dan pemecahan masalah, meliputi *safety check*, optimasi instruksi, serta pengujian sistem (*running test*) menggunakan kombinasi sensor, *limit switch*, dan *clock*. Nilai rata-rata akhir responden meningkat menjadi 78,14 (dalam skala 100). Perolehan nilai tertinggi pada tahap akhir ini mencapai batas maksimal, yaitu 100, sementara nilai terendah berada pada angka 56.

Hasil Uji *Normalized Gain* (*N-Gain*)

Hasil uji *N-gain* dari 21 sampel yang terdiri dari nilai skor *pretest* dan skor *posttest* ranah psikomotor mendapatkan rata-rata skor *N-gain* sebesar 0,55 nilai ini berada pada interpretasi dengan kriteria $0,3 \leq 0,7$ atau interpretasi sedang, dengan demikian media pembelajaran *training kit smart relay zelio* terdapat peningkatan dalam kategori sedang.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis data dan hasil uji coba yang telah dilakukan, penelitian pengembangan *training kit* multi-sensor terintegrasi Smart Relay Zelio SR2B201FU ini menghasilkan beberapa kesimpulan utama yang selaras dengan tujuan penelitian. Produk *training kit* yang dikembangkan dinyatakan sangat layak untuk digunakan dalam proses pembelajaran, yang dibuktikan oleh hasil validasi ahli media dengan capaian skor sebesar 78%. Dari sisi substansi, materi pada *jobsheet* pendamping juga mendapatkan kategori sangat valid dengan skor 76% karena dinilai sangat relevan dengan kebutuhan industri saat ini. Selain aspek kelayakan, media pembelajaran ini terbukti sangat praktis bagi mahasiswa berdasarkan hasil uji kepraktisan yang mencapai nilai sebesar 84%. Dari segi efektivitas, hasil analisis menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,000 yang menandakan adanya perbedaan kemampuan yang signifikan secara statistik setelah penerapan media. Hal tersebut diperkuat oleh hasil uji *N-gain* yang memperoleh nilai rata-rata sebesar 0,55, yang menunjukkan bahwa penggunaan alat peraga ini mampu memberikan peningkatan keterampilan mahasiswa dalam kategori sedang.

Sehubungan dengan hasil penelitian yang telah dicapai, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk optimalisasi dan pengembangan lebih lanjut. Diharapkan dapat terus mengeksplorasi variasi logika program pada Smart Relay Zelio agar kreativitas teknis tidak hanya terbatas pada tugas-tugas yang tersedia di dalam *jobsheet*, melainkan juga mampu menciptakan inovasi sistem otomasi mandiri yang lebih kompleks. Media pembelajaran ini disarankan untuk diterapkan secara lebih luas pada mata kuliah lain yang relevan dengan sistem kendali mengingat tingkat efektivitasnya yang tinggi. *Training kit* ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan modul komunikasi nirkabel berbasis *Internet of Things* (IoT) atau mengintegrasikannya dengan jenis kendali tingkat tinggi seperti PLC kelas industri yang memiliki skala lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Adesfiana, Z. N., Astuti, I., & Enawaty, E. (2022). Pengembangan Chatbot Berbasis Web Menggunakan Model Addie. *Jurnal Khatulistiwa Informatika*, 10(2), 147–152. <https://doi.org/10.31294/jki.v10i2.14050>.
- Akram, F. (2019). Design and Implementation of Sound Sensor Based Security Alarm System. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 8(5), 150–156. <https://www.ijert.org/design-and-implementation-of-sound-sensor-based-security-alarm-system>.
- Alpiani, N., Pamungkas, A. S., & Jaenudin, J. (2022). Pengembangan E-modul Matematika pada Materi Barisan dan Deret Berbantuan Smart App Creator untuk Siswa SMA/SMK. *Jurnal Cendekia : Jurnal*

- Pendidikan Matematika*, 6(2), 2110–2121. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v6i2.1452>
- Alsadi, N. (2025). Smart systems: A review of theory, applications, and recent trends. *Journal of Industrial Automation*, 12(1), 45–67.
- Amabile, T. M. (1983). The Social Psychology of Creativity: A Componential Conceptualization. *Journal of Personality and Social Psychology*, 45, 357–377. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.45.2.357>
- Amabile, T. M. (2012). *Componential Theory of Creativity*. No. 12-096. [https://www.hbs.edu/ris/Publication Files/12-096.pdf](https://www.hbs.edu/ris/Publication%20Files/12-096.pdf)
- Amabile, T. M., & Pratt, M. G. (2016). The Dynamic Componential Model of Creativity and Innovation in Organizations: Making Progress, Making Meaning. *Research in Organizational Behavior*, 36, 157–183. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0191308516300053>
- Amalda, A., & al., et. (2023). Pengaruh Model Pembelajaran Berbasis Proyek (PjBL) terhadap Kreativitas, Keterampilan Berpikir Kritis, dan Hasil Belajar. *Jurnal Edukasi Dan Pembelajaran*, 11(1), 45–58. <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JJPG/article/download/77988/32373/272394>
- Aprilia, A., Yudiyanto, Y., & Hakim, N. (2022). Pengembangan E-Modul Menggunakan Flip PDF Professional pada Materi Fungi Kelas X SMA. *Journal of Education and Teaching (JET)*, 3(1), 116–127. <https://doi.org/10.51454/jet.v3i1.141>
- Apriyanto, T., Nugroho, B., & Suryono, A. (2024). Rancang Bangun Sistem Otomatisasi Multi Sensor Berbasis Smart Relay untuk Media Praktikum. *Seminar Nasional Teknologi Elektro Dan Sistem Informasi (SENASTEKSI)*.
- Ardian, F., & Djatmiko, E. B. (2008). Strategi Pembelajaran Praktik Otomasi Industri Berbasis Proyek. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 14(2), 99–108.
- Azizah, R., & Samawi, A. (2021). Pengembangan Kreativitas Melalui Pembelajaran STEAM pada Anak Usia Dini. *Jurnal Pendidikan Dan Pengajaran*, 7(2), 34–45.
- CircuitDigest. (2025). *Relay Logic Control - Symbols, Working and Examples*. <https://circuitdigest.com/tutorial/introduction-to-relay-logic-control-symbols-working-and-examples>
- Commission, I. E. (2013). *IEC 61131-3: Programmable controllers - Part 3: Programming languages*. IEC.
- De Fretes, D. M. (2021). Pengembangan Trainer Smart Relay sebagai Media Pembelajaran Otomasi Industri. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 5(2), 123–134.
- Dwiantoro, A., & Basuki, I. (2021). Analisis Pengaruh Model Pembelajaran Project Based Learning Terhadap Peningkatan Hasil Belajar Siswa Pada Mata Pelajaran Instalasi Penerangan Listrik Di Smk. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 10(01), 81–88. <https://doi.org/10.26740/jpte.v10n01.p81-88>
- Electric, S. (2020). *Compact smart relay Zelio Logic SR2B201FU, 20 I/O, 100–240 V AC, clock, display*. Schneider Electric SE. <https://www.se.com/id/en/product/SR2B201FU/compact-smart-relay-zelio-logic-20-i-o-100-240-v-ac-clock-display/>
- Eliza, F., Suriyadi, S., & Yanto, D. T. P. (2019). Peningkatan Kompetensi Psikomotor Siswa Melalui Model Pembelajaran Project Based Learning (PjBL) di SMKN 5 Padang. *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional Dan Teknologi*, 19(2), 57–66. <https://doi.org/10.24036/invotek.v19i2.427>
- Febbryromundza, F. (2024). Efektivitas Model Project Based Learning (PjBL) serta Pengaruhnya terhadap

- Kreativitas Mahasiswa. *Jurnal Ilmu Pendidikan Dan Humaniora*, 4(2), 45–53. <https://ejournal.sisfokomtek.org/index.php/jumin/article/view/4623>
- Hananah, H. (2023). Perkembangan Kreativitas Peserta Didik dalam Pendidikan Abad 21. *Jurnal Pendidikan Pionir*, 9(2), 45–59.
- Haris, M. (2022). MPPBLV: Solusi Pembelajaran Praktikum di Pendidikan Vokasi. *Harian Singgalang*. <https://www.hariansinggalang.co.id/berita/136817/mpbblv-solusi-pembelajaran-praktikum-di-pendidikan-vokasi>
- Hartono, D. P., & Asiyah, S. (2019). PjBL Untuk Meningkatkan Kreativitas Mahasiswa. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Matematika FKIP Universitas PGRI Palembang*, 1(1), 120–127. <https://jurnal.univpgri-palembang.ac.id/index.php/prosiding/article/view/2694>
- Hartono, D., Sanjaya, I. G. A., & Sutrisna, N. (2023). *Standardization of Ladder Diagram Symbols for Industrial Training BT - Proceedings of the International Conference on Electrical Engineering Education*. 234–241.
- Haryudo, S. I., Ekohariadi, Munoto, Rijanto, T., & Baskoro, F. (2021). Implementation of Trainer Kits in Project-Based Learning to Improve Critical Thinking, Motivation, and Competency of Electrical Engineering Students. *Journal of Engineering Education*, 15(4), 120–135.
- Hidayat, M. (2021). Perancangan Trainer Kendali Motor Berbasis Relay dan Limit Switch Mekanik sebagai Media Praktikum di Sekolah Vokasi. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 9(1), 75–90.
- Irawan, M. Y. (2021). Perancangan Kendali Motor Listrik Berbasis Smart Relay (Zelio). *Jurnal TRIAC*, 8(2), 112–120. <https://journal.trunojoyo.ac.id/triac/article/download/10510/6078>
- Khoiruddin, Ahmad, Suwito, D. (2021). Penerapan Model Pembelajaran Project Based Learning. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 11(1), 38–43.
- Kurniati, A., & Nuraini, P. (2020). *The Effectiveness of Group Counselling with Monopoly Game Media to Improve the Students' Self-Confidence*. 436, 753–755. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.200529.159>
- Kushwaha, S., Gupta, R., & Patel, A. (2022). Industrial Automation Systems: Integration of Sensors and Smart Control in Modern Manufacturing. *International Journal of Automation and Smart Systems*, 8(1), 45–58.
- M. Adlim, Saminan, S. A. (2019). *Kelayakan Aspek Materi, Bahasa dan Media pada Pengembangan Buku Ajar Biologi*. 6(1), 61–67.
- Malikussaleh, A. (2019). Penerapan Pembelajaran Berbasis Proyek dalam Meningkatkan Kompetensi Otomasi Industri. *Jurnal Pendidikan Vokasi Teknik Elektro*, 7(1), 34–42.
- Malikussaleh, M. A. (2019). Peningkatan Kreativitas Mahasiswa pada Penggunaan Alat Praktikum Sederhana. *Jurnal Pendidikan Fisika*.
- Mallegni, N., Dini, G., Lorenzelli, R., Pagliai, M., Dreassi, E., & Tripiciano, P. (2022). Sensing Devices for Detecting and Processing Acoustic Vibrations: A Systematic Review. *Micromachines*, 13(10), 1671. <https://doi.org/10.3390/mi13101671>
- Mayangsari, D. (2024). Analisis Penggunaan Trainer Gerbang Logika sebagai Alat Peraga dalam Mata Pelajaran Teknik Digital. *Jurnal Teknik Informatika*, 10(2), 45–55.
- Mukhlishina, N., Rahardjo, B., & Sutopo, A. (2023). Integrasi Kurikulum Otomasi Industri pada Pendidikan Vokasi Menuju Era Industri 4.0. *Jurnal Inovasi Pen.*

- Mukhlishina, R., Nugraha, A. E., & Lestari, I. (2023). Penguatan Kurikulum Vokasi dalam Menghadapi Tantangan Revolusi Industri. *Jurnal Vokasi Indonesia*, 4(2), 112–121.
- Muslim. (2016). Implementasi Active Learning dan Dampaknya pada Partisipasi Belajar Siswa di Madrasah Ibtidaiyah. *Jurnal Edukasi Syariah (JES)*. <https://journal.staitaruna.ac.id/index.php/jes/article/download/652/450/3063>
- Nizar, M. (2016). Implementasi Pembelajaran Otomasi Industri Berbasis Proyek di Pendidikan Teknik. *Jurnal Pendidikan Teknologi Kejuruan*, 22(2), 67–76.
- Nurfitriyani, D., & Kurniasih, A. (2023). Manfaat dan Implementasi Model Pembelajaran Project Based Learning. *Jurnal Pendidikan Dan Pengembangan*, 8(2), 45–60. <https://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/jhp/article/view/52951>
- Nurhayati, S. (2023). Pengembangan Trainer Kendali Motor Berbasis PLC untuk Meningkatkan Kompetensi Teknik Otomasi di SMK. *Jurnal Otomasi Dan Teknologi Pendidikan*, 10(2), 85–100.
- Pambudi, A. P., Supriyadi, A. P., Kurniadi, A. R., Fazryansah, M. R., & Stefanie, A. (2025). Implementasi Sistem Pencahayaan Otomatis dan Monitoring Berbasis IoT pada Area Parkir Menggunakan Sensor LDR dan PIR. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 13(3), DOI-10.23960/jitet.v13i3.6703.
- Permatasari, R., & Nugraha, A. (2019). Media Pembelajaran Berbasis PhET Simulasi Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik di SMK. *Jurnal Ilmu Pendidikan Dan Pengajaran (JIPP)*, 4(2), 145–152. <https://jipp.unram.ac.id/index.php/jipp/article/download/993/785>
- Praktis, L. (2024). *Instalasi Listrik Rumah dengan Memahami Wiring Diagram*. <https://www.listrik-praktis.com/2016/01/belajar-instalasi-dasar-rumah-memahami-wiring-diagram.html>
- Purba, L. P. (2017). Sekelumit Tentang Pendekatan Otomasi Industri Berbasis Cyber-Physical (Industry 4.0). *Gema Aktualita*, 6(1), 8–15.
- Purwaningtias, M., & Chamami, M. R. (2025). Optimalisasi Model Pembelajaran Teaching Factory untuk Meningkatkan Kualitas Pendidikan Vokasi di SMK Islamic Centre Baiturrahman Semarang. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 9(2), 18687–18696.
- Puspitasari, R., Nugraha, H., & Rahman, M. (2018). Implementasi Sistem Kendali Berbasis PLC dan Smart Relay pada Industri 4.0. *Jurnal Rekayasa Elektro Dan Informatika*, 5(1), 55–63.
- Putra, I. B. P. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Instalasi Listrik Dasar Berbasis Smart Relay Zelio untuk Mata Pelajaran Programmable Logic Control di SMK. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 14(1), 50–65.
- Putra, I. B. P. (2025). Pengembangan Media Pembelajaran Instalasi Listrik Berbasis Smart Relay Zelio Pada Mata Kuliah Kontrol Logika Terprogram. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro Undiksha*, 14(1), 50–65.
- Putri, S. Y., Rahma, D. N., Silvarana, I. D., & Baqi, F. A. (2025). Peran Guru dalam Meningkatkan Keterampilan Siswa melalui Project Based Learning untuk Mengatasi Permasalahan Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Inovatif, (tidak tersedia)((tidak tersedia))*, 12495–12510. <https://jonedu.org/index.php/joe/article/download/8382/6508/>
- Rahayu, I., & Rochmawati. (2024). Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Nearpod pada Mata Pelajaran Spreadsheet di SMK Negeri 4 Surabaya. *Jurnal Paradigma Ekonomika*, 19(4), 120–

135. <https://online-journal.unja.ac.id/paradigma/article/download/38260/19993/124472>
- Rahman, A., Sari, N. M., & Wardhani, S. (2023). Pengembangan Pembelajaran Berbasis Multi Sensor untuk Meningkatkan Kompetensi Mahasiswa Teknik Elektro. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro Dan Komputer*, 9(1), 45–54.
- Ramadhan, S. (2025). *Modul Pembelajaran IMLA*. Universitas Negeri.
- Ramli, N. L., Yamin, N. M., Ghani, S. A., Saad, N. M., & Sharif, S. M. (2015). Implementation of passive infrared sensor in street lighting automation system. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 10(22), 17120–17126.
- Rehani, A., & Mustofa, T. A. (2023). Implementasi Project Based Learning dalam Meningkatkan Pola Pikir Kritis Siswa di SMK Negeri 1 Surakarta. *Didaktika: Jurnal Kependidikan*, 12(4), 487–496. <https://doi.org/DOI:https://doi.org/10.58230/27454312.273>
- Ristanto, R. D. (2024). Pengintegrasian model VAK dan case method dalam pembelajaran praktikum jaringan komputer meningkatkan keterampilan problem solving dan motivasi belajar mahasiswa. *Jambura Journal of Informatics*, 12(3), 120–135.
- Riyanti, R. (2020). Efektivitas Penggunaan Perangkat Pembelajaran Project Based Learning Terintegrasi STEM berbasis e-learning. *Jurnal Pendidikan Dasar Dan Menengah*, 5(1), 80–87. <https://jurnal.uns.ac.id/jdc/article/view/45276>
- Saptaji, K., Raafi'udin, R., & Hidayat, T. (2020). Perbandingan Sensor Inframerah dan Sensor PIR sebagai Acuan Penggunaan Sensor pada Rancang Bangun Cuci Tangan Otomatis. In *Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (SNP2M)*. Politeknik Negeri Ujung Pandang. <https://jurnal.poliupg.ac.id/index.php/snp2m/article/view/2410>
- Sari, D. P., & Siregar, R. A. (2019). Penggunaan Sensor Passive Infrared Receiver (PIR) Untuk Mendeteksi Gerak Berbasis Short Message Service Gateway. *Pseudocode: Journal of Computer Science, Engineering and Technology*, 6(2), 45–52. <https://ejournal.unib.ac.id/index.php/pseudocode/article/view/7491>
- Sari, D. P., Wulandari, R., & Prasetyo, E. T. (2023). Efektivitas Penggunaan Ladder Diagram dalam Pembelajaran Sistem Kendali Otomatis di Pendidikan Teknik Vokasi. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro Dan Informatika*, 10(1), 40–48.
- Sari, R. (2022). Pengembangan Trainer Otomasi dengan Sistem Kontrol Konvensional untuk Meningkatkan Keterampilan Praktis Siswa di Ruang Kelas. *Jurnal Teknik Elektro Dan Pendidikan Vokasi*, 11(2), 100–115.
- Sari, S. P., Manzilatusifa, U., & Handoko, S. (2019). Penerapan Model Project Based Learning (PjBL) Untuk Meningkatkan Kemampuan Berfikir Kreatif Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Ekonomi Akuntansi*, 5(2), 119–131. <https://jurnal.fkip.unla.ac.id/index.php/jp2ea/article/view/329>
- Sawidin, S. (2025). Three Phase Motor Control and Phase Failure Protection Based on Zelio Smart Relay. *Jurnal Teknik Elektro Dan Elektronika*, 4(1), 1–10. <https://ejournal.ung.ac.id/index.php/jjee/article/view/32438>
- Septiani, R., Hidayat, R., & Wibawa, H. (2020). Penerapan Media Praktikum Otomasi Industri Berbasis Training Kit untuk Meningkatkan Kompetensi Mahasiswa. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 9(2),

85–93.

- Setyaningsih. (2019). *Pengembangan modul berbasis edutainment pada pokok bahasan bangun datar*.
- Setyo, A., & Rosmana, R. (2024). Implementasi Media Pembelajaran Berbasis Project Based Learning untuk Meningkatkan Keterampilan dan Motivasi Siswa. *Jurnal Pendidikan IPA Dan Sosial*, 8(1), 45–60. <https://jurnalp4i.com/index.php/science/article/download/4064/3285/28172>
- Setyo, R., & Rosmana, A. (2024). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Proyek Menggunakan Training Kit untuk Meningkatkan Pemahaman Otomasi Industri. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro Dan Komputer*, 6(1), 30–38.
- Shenita, P., & al., et. (2022). Model Pembelajaran Berbasis Proyek untuk Pengembangan Kreativitas dan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Pendidikan Inovatif*, 11(3), 98–112.
- Smith, J. (2018). *Fundamentals of Industrial Automation*. McGraw-Hill Education.
- Smith, J. M., & Brown, A. R. (2013). FPGA Implementations of Ladder Diagrams. *Modern Applied Sciences*, 7(2), 30–40. <https://doi.org/10.5539/mas.v7n2p30>
- Sudirman, B., & Kurniawan, D. (2022). Inovasi Trainer Kit Berbasis Multi Sensor sebagai Media Pembelajaran Otomasi Industri. *Jurnal Penelitian Teknologi Dan Sistem Kontrol*, 14(2), 87–102.
- Sulistiawati, I. B. (2024). Perancangan Prototype Zelio Smart Relay pada Modifikasi PLTS On Grid untuk Kontinuitas Suplai Daya di Kampus II ITN Malang. *Elkomika*. <https://ejurnal.itenas.ac.id/index.php/elkomika/article/download/9831/3522>
- Sumilat, J., & Watulangkow, I. (2025). Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Teknologi di Kelas IV SD Negeri 3 Gogagoman. *Jurnal Manajemen Dan Supervisi Pendidikan*, 8(1), 20–24.
- Susanto, J. (2013). *Keefektifan Pemanfaatan Bahan Ajar Dengan Media Simulasi*. 1, 1–192.
- Tarigan, F. (2023). *Pengendali Arah, Kecepatan, dan Sudut Motor Stepper Berbasis Zelio Logic Smart Relay*. <https://repositori.uma.ac.id/jspui/bitstream/123456789/22260/1/998120031> - Firmanta Tarigan - Fulltext.pdf
- Theis, J., Mokhtarian, I., Darabi, H., & Member, S. (n.d.). *Process Mining of Programmable Logic Controllers: Input/Output Event Logs*.
- Usman, D., & Pratiwi, K. (2022). Implementasi Trainer Multi-Sensor Berbasis Arduino. *Jurnal Ramatekno*, 2(2), 38–45. <https://www.ejournal.pei.ac.id/index.php/JRT1/article/download/58/40>
- Utama, I. K., & Rahman, A. (2021). Implementation of Smart Relay Training Kits in Vocational Education. *Journal of Technical Education and Vocational Training*, 8(2), 112–119.
- Waluyo, B. D., Sitompul, B., Esa, E., & Sitompul, Y. (2025). *Pengembangan trainer plc berbasis outseal untuk rangkaian kendali plc*. 18(2), 74–79.
- Wulandari, A., & al., et. (2024). Pengembangan Media Trainer PLC Berbasis Mikrokontroler untuk Penyampaian Materi Kendali Logika di Pendidikan Menengah Kejuruan. *Jurnal Pendidikan Teknik Dan Vokasi*, 15(3), 120–135.
- Yusro, M. (2021). Pengembangan Trainer Aplikasi Multi-Sensors (TAMS) Berbasis Arduino dan Raspberry Pi. *Jurnal Risenologi*, 6(1), 150–160. <https://ejurnal.kpmunj.org/index.php/risenologi/article/download/150/103>
- Zahro, F., & al., et. (2024). Peningkatan Kreativitas Anak Usia Dini melalui Pendekatan STEAM Project Based Learning. *Jurnal Pendidikan Anak*, 14(1), 12–25.