



Pengembangan Lengan Robotik Kendali IOT Untuk Media Pembelajaran Teknik Elektronika Industri

Fajar Nur Zamman¹, Muhamad Syariffuddin Zuhrie², Fendi Achmad³, Nur Kholis⁴

^{1,2,3,4} Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Negeri Surabaya

fajar.22031@mhs.unesa.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi pada era Revolusi Industri 4.0 mendorong Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) untuk menghasilkan lulusan yang memiliki kompetensi sesuai dengan kebutuhan dunia industri, khususnya pada bidang sistem kendali, robotika, dan Internet of Things (IoT). Namun, keterbatasan media pembelajaran praktik menyebabkan peserta didik masih mengalami kesulitan dalam memahami konsep dan penerapan teknologi tersebut secara optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan trainer kit lengan robotik kendali Internet of Things (IoT) sebagai media pembelajaran Teknik Elektronika Industri kelas XI SMK Negeri 2 Surabaya, serta mengetahui tingkat kevalidan, kepraktisan, dan keefektifannya. Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan model pengembangan ADDIE yang meliputi tahap Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation. Pengumpulan data dilakukan menggunakan lembar validasi ahli materi dan ahli media, angket respons peserta didik, serta tes hasil belajar melalui pre-test dan post-test. Analisis keefektifan media dilakukan menggunakan N-Gain Score. Hasil penelitian menunjukkan bahwa trainer kit yang dikembangkan memperoleh tingkat kevalidan sebesar 100% berdasarkan penilaian ahli materi dan 98,7% berdasarkan penilaian ahli media dengan kategori sangat valid. Tingkat kepraktisan memperoleh persentase sebesar 88,6% dengan kategori sangat praktis, sedangkan hasil analisis N-Gain Score sebesar 0,7096 termasuk dalam kategori tinggi, sehingga menunjukkan bahwa media yang dikembangkan efektif dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik. Dengan demikian, trainer kit lengan robotik kendali Internet of Things (IoT) dinyatakan valid, praktis, dan efektif sehingga layak digunakan sebagai media pembelajaran pada mata pelajaran Teknik Elektronika Industri kelas XI SMK Negeri 2 Surabaya.

Kata Kunci: Media Pembelajaran, Trainer Kit, Lengan Robotik, *Internet Of Things (Iot)*, Teknik Elektronika Industri, ADDIE.

Abstract

The rapid advancement of technology in the Industrial Revolution 4.0 era has encouraged vocational education institutions to equip students with competencies that meet the demands of modern industry, particularly in the fields of control systems, robotics, and the Internet of Things (IoT). However, the limited availability of practical learning media has hindered students from comprehensively understanding and applying these technologies. This study aimed to develop an IoT-controlled robotic arm trainer kit as a learning medium for the Industrial Electronics Engineering subject for eleventh-grade students at SMK Negeri 2 Surabaya and to evaluate its validity, practicality, and effectiveness. This research employed the Research and Development (R&D) method using the ADDIE development model, which consists of the Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation phases. Data were collected through material and media expert validation sheets, student response questionnaires, and pre-test and post-test assessments. The effectiveness of the developed learning media was analyzed using the N-Gain Score. The results indicated that the developed trainer kit achieved a validity score of 100% from the material expert and 98.7% from the media expert, both categorized as very valid. The practicality assessment yielded a score of 88.6%, which falls into the very practical category, while the N-Gain Score of 0.7096 was classified as high, indicating that the developed learning media effectively improved students' learning outcomes. Therefore, the IoT-controlled robotic arm trainer kit is considered valid, practical, and effective, making it suitable for use as a learning medium in the Industrial Electronics Engineering subject for eleventh-grade students at SMK Negeri 2 Surabaya.

Keywords: Robotic Arm Trainer Kit, Internet Of Things (Iot), Learning Media, Industrial Electronics Engineering, ADDIE.

Latar Belakang

Perkembangan teknologi pada era Revolusi Industri 4.0 telah mendorong terjadinya transformasi besar dalam berbagai sektor industri melalui penerapan sistem otomasi, robotika, *Internet of Things* (IoT), kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*), serta teknologi komunikasi berbasis jaringan. Transformasi tersebut mengubah kebutuhan kompetensi tenaga kerja yang tidak hanya dituntut memiliki kemampuan teknis, tetapi juga mampu beradaptasi terhadap perkembangan teknologi digital yang berlangsung secara cepat. Berdasarkan hasil observasi awal yang dilakukan di SMK Negeri 2 Surabaya, khususnya pada Program Keahlian Teknik Elektronika Industri, ketersediaan media dan peralatan praktik yang mendukung pembelajaran sistem kendali, robotika, dan *Internet of Things* (IoT) masih terbatas. Kondisi tersebut menyebabkan peserta didik belum memperoleh pengalaman belajar yang memadai dalam mengimplementasikan konsep-konsep yang telah dipelajari di kelas. Akibatnya, proses pembelajaran cenderung lebih menekankan pada pemahaman teoritis dibandingkan penguasaan keterampilan praktik yang dibutuhkan dalam dunia kerja. Salah satu teknologi yang memiliki keterkaitan erat dengan Pengembangan Lengan Robotik Kendali IOT Untuk Media Pembelajaran Teknik Elektronika Industri

kompetensi peserta didik Teknik Elektronika Industri adalah robotika. Lengan robotik (*robotic arm*) merupakan salah satu implementasi sistem kendali yang banyak digunakan dalam proses produksi industri untuk meningkatkan efisiensi, ketelitian, dan konsistensi kerja. Pemanfaatan lengan robotik sebagai media pembelajaran dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih nyata karena peserta didik dapat mempelajari hubungan antara sistem mekanik, elektronika, aktuator, mikrokontroler, dan pemrograman dalam satu sistem yang terintegrasi. Selain itu, pembelajaran berbasis robotika juga mampu mendorong pengembangan kemampuan berpikir logis, pemecahan masalah, serta keterampilan praktik yang relevan dengan kebutuhan dunia industri (Rahman et al., 2020). Oleh karena itu, pengembangan media pembelajaran berupa lengan robotik dinilai sesuai dengan karakteristik kompetensi yang harus dikuasai oleh peserta didik kelas XI Teknik Elektronika Industri. Berbagai penelitian terdahulu telah mengembangkan media pembelajaran berbasis mikrokontroler, robotika, maupun *Internet of Things* (IoT) untuk mendukung proses pembelajaran teknik. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada pengembangan perangkat keras dan fungsi kendali dasar robot tanpa mengintegrasikan pembelajaran robotika, sistem kendali, dan IoT secara komprehensif dalam satu media pembelajaran. Selain itu, penerapan sistem monitoring dan pengendalian berbasis web secara *real-time* pada media pembelajaran robotika masih relatif terbatas, khususnya pada lingkungan pendidikan vokasi tingkat Sekolah Menengah Kejuruan. Kondisi tersebut menunjukkan adanya kebutuhan akan media pembelajaran yang tidak hanya berfungsi sebagai sarana praktik.

Kebaruan penelitian ini terletak pada pengembangan *trainer kit* lengan robotik berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dilengkapi dengan sistem monitoring dan pengendalian *real-time* berbasis web yang dikembangkan secara mandiri. Sistem tersebut memungkinkan peserta didik melakukan pemantauan dan pengendalian lengan robotik melalui antarmuka web yang terhubung dengan jaringan internet. Selain itu, perangkat juga dilengkapi dengan dua buah joystick yang berfungsi sebagai alternatif pengendalian manual selama kegiatan praktikum. Integrasi antara robotika, mikrokontroler, sistem kendali, dan teknologi IoT dalam satu media pembelajaran memberikan pengalaman belajar yang lebih kontekstual serta mendekatkan peserta didik pada implementasi teknologi yang digunakan di dunia industri saat ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kevalidan *trainer kit* lengan robotik berbasis *Internet of Things* (IoT) sebagai media pembelajaran Teknik Elektronika Industri kelas XI SMK Negeri 2 Surabaya berdasarkan penilaian ahli materi dan ahli media. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kepraktisan media yang dikembangkan ditinjau dari kemudahan penggunaan, kejelasan petunjuk, serta respons peserta didik selama kegiatan pembelajaran praktik. Penelitian ini juga bertujuan untuk menganalisis tingkat keefektifan penggunaan *trainer kit* lengan robotik berbasis *Internet of Things* (IoT) dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik kelas XI Teknik Elektronika Industri yang mencakup aspek kognitif, afektif, dan psikomotorik.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menerapkan model pengembangan ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). Model ini dipilih karena menawarkan kerangka kerja yang sistematis namun tetap memberi fleksibilitas dalam proses pengembangan, sehingga cocok digunakan pada berbagai kebutuhan penyusunan media maupun bahan ajar. Melalui model ini, proses pengembangan tidak hanya diarahkan pada penciptaan produk yang menarik secara visual, tetapi juga pada pemenuhan kebutuhan belajar peserta didik yang beragam, serta kesesuaian dengan tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan. Dengan demikian, ADDIE membantu memastikan bahwa produk yang dihasilkan memiliki nilai pedagogis, bukan sekadar nilai estetika. Secara mendasar, ADDIE merupakan kerangka pengembangan instruksional yang dirumuskan untuk memandu peneliti dalam merencanakan, merancang, memproduksi, serta mengevaluasi produk pembelajaran secara terstruktur. Tahapan di dalamnya *Analyze, Design, Develop, Implement, dan Evaluate* berfungsi saling menguatkan dalam menjamin relevansi, ketepatan, dan efektivitas dari produk yang dikembangkan. Tahap analisis memastikan bahwa kebutuhan pengguna teridentifikasi dengan tepat; tahap desain menjadi fondasi perencanaan; tahap pengembangan mewujudkan desain menjadi produk nyata; tahap implementasi menguji kelayakan produk di lapangan; dan tahap evaluasi berperan mengevaluasi kualitas produk sekaligus memberikan umpan balik perbaikan. Dengan alur yang terorganisasi semacam ini, model ADDIE banyak digunakan dalam penelitian dan pengembangan, sebab mampu memberikan panduan kerja yang terstandar namun tetap adaptif terhadap dinamika konteks pembelajaran, termasuk pembelajaran berbasis teknologi. Keunggulan ADDIE terletak pada kemampuannya menyelaraskan kebutuhan peserta didik, tujuan instruksional, proses desain, serta evaluasi yang berkelanjutan, sehingga menghasilkan produk pembelajaran yang fungsional dan bermakna (Branch, 2009). Pada tahap ini peneliti melakukan kegiatan pengumpulan informasi awal untuk mengetahui kebutuhan, permasalahan, dan kondisi nyata pembelajaran praktikum di lapangan. Tahap analisis menjadi landasan utama dalam menentukan desain, fitur, konten materi, serta arah pengembangan *trainer kit arm robotic* berbasis *Internet of Things* (IoT) sebagai media pembelajaran di SMK Negeri 2 Surabaya. Analisis kebutuhan dilakukan untuk mengidentifikasi permasalahan yang terjadi dalam proses

pembelajaran praktik, khususnya pada materi sistem kendali dan pengoperasian motor servo. Analisis ini bertujuan untuk memastikan bahwa pengembangan *trainer kit arm robotic* berbasis IoT benar-benar sesuai dengan kebutuhan pengguna, baik dari aspek teknis maupun pedagogis. Kebutuhan pembelajaran diidentifikasi melalui observasi awal di laboratorium, studi dokumen kurikulum, serta wawancara dengan guru mata pelajaran Teknik Elektronika Industri. Hasil analisis kebutuhan digunakan sebagai dasar dalam menentukan spesifikasi fungsi, fitur kendali, serta komponen utama yang harus tersedia pada *trainer kit* sebagai alat peraga pembelajaran.

Rancangan trainer pada penelitian ini berupa *trainer kit arm robotic* yang terintegrasi dengan sistem kendali berbasis *Internet of Things* (IoT) dan menggunakan motor servo sebagai aktuator utama penggerak lengan robot. Sistem ini dirancang untuk mendukung pembelajaran praktik pada mata pelajaran Praktikum Mikrokontroler, Program Keahlian Teknik Elektronika Industri di jenjang Sekolah Menengah Kejuruan (SMK). Desain fisik trainer dikembangkan dalam bentuk prototipe tiga dimensi dengan memperhatikan aspek ergonomi, keamanan, dan kemudahan penggunaan. Aspek ergonomi diwujudkan melalui penentuan ukuran dan jangkauan gerak lengan robot yang sesuai dengan kebutuhan praktik peserta didik. Aspek keamanan diperhatikan melalui pemilihan material dan konstruksi yang stabil serta aman digunakan di lingkungan pembelajaran. Selain itu, desain trainer juga mempertimbangkan kemudahan dalam proses perakitan, pengoperasian, dan perawatan sehingga efektif digunakan sebagai media pembelajaran praktik. Komponen mekanik arm robotic pada trainer ini dibuat menggunakan teknologi pencetakan tiga dimensi (*3D printing*) dengan bahan filament PLA (*Polylactic Acid*) atau ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*). Pemilihan bahan tersebut didasarkan pada pertimbangan kekuatan mekanik yang memadai, kemudahan proses pencetakan serta ketahanan terhadap beban kerja ringan hingga sedang yang sesuai dengan kebutuhan pembelajaran. Filament PLA digunakan karena mudah dicetak dan ramah lingkungan, sedangkan filament ABS digunakan sebagai alternatif karena memiliki ketahanan panas dan kekuatan mekanik yang lebih baik.

Tabel 1. 1 Part Arm Robot

Bagian / Port / Komponen	Fungsi	Penjelasan Tambahan
<i>Arm Robotic</i>	Media praktik kontrol gerak	Menggunakan motor servo untuk menghasilkan gerakan presisi
Motor Servo	Aktuator penggerak lengan	Dikendalikan melalui mikrokontroler
Mikrokontroler (ESP32)	Pengendali utama sistem	Mengolah perintah dan komunikasi IoT
Panel Kontrol	Antarmuka pengguna	Digunakan untuk pengaturan dan pengujian sistem
Catu Daya DC (adaptor)	Suplai tegangan	Menyediakan daya untuk servo
Baterai	Suplai tegangan	Menyediakan daya untuk Esp32&Joystick

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh peserta didik kelas XI Program Keahlian Teknik Elektronika Industri SMK Negeri 2 Surabaya yang telah mempelajari dasar mikrokontroler dan sedang menempuh mata pelajaran Praktikum Mikrokontroler. Populasi tersebut dipilih karena memiliki karakteristik yang sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu sebagai pengguna *trainer kit* lengan robotik berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dikembangkan untuk mendukung pembelajaran pengendalian motor dan sensor pada praktikum mikrokontroler. Sampel penelitian ditentukan menggunakan teknik *purposive sampling* berdasarkan pertimbangan bahwa peserta didik sedang mengikuti mata pelajaran Praktikum Mikrokontroler pada semester berjalan serta memiliki akses terhadap *trainer kit* dan jaringan internet untuk mengoperasikan website pengendalian. Berdasarkan kriteria tersebut, kelas XI Teknik Elektronika Industri yang berjumlah 37 peserta didik ditetapkan sebagai kelas uji coba dalam penelitian. Analisis data validitas dilakukan untuk menentukan tingkat kelayakan *trainer kit* lengan robotik kendali *Internet of Things* (IoT), jobsheet, dan instrumen

penelitian berdasarkan penilaian ahli materi dan ahli media. Data diperoleh melalui lembar validasi yang menggunakan skala Likert 1–5. Langkah-langkah analisis data validitas dilakukan sebagai berikut.

$$P = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor maksimum}} \times 100\%$$

Tabel 1. 2 Tingkat Kelayakan

Persentase Kelayakan	Kategori
81% – 100%	Sangat Layak
61% – 80%	Layak
41% – 60%	Cukup Layak
21% – 40%	Kurang Layak
0% – 20%	Tidak Layak

Kepraktisan media dievaluasi melalui angket respons peserta didik yang diberikan setelah menggunakan trainer kit lengan robotik berbasis *Internet of Things* (IoT). Instrumen menggunakan skala Likert lima tingkat yang mencakup aspek kemudahan penggunaan, kejelasan penyajian materi pada *jobsheet*, kemudahan pengoperasian trainer kit dan website pengendali, serta manfaat media dalam mendukung proses pembelajaran. Data yang diperoleh dianalisis dengan menghitung skor rata-rata setiap butir pernyataan dan skor keseluruhan angket, kemudian dikonversi ke dalam bentuk persentase kepraktisan menggunakan rumus berikut.

$$P = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor maksimum}} \times 100\%$$

Tabel 1. 3 Tingkat Kepraktisan

Persentase Kelayakan	Kategori
81% – 100%	Sangat Praktis
61% – 80%	Praktis
41% – 60%	Cukup Praktis
21% – 40%	Kurang Praktis
0% – 20%	Tidak Praktis

Analisis efektivitas bertujuan untuk mengetahui sejauh mana penggunaan trainer kit lengan robotik kendali *Internet of Things* (IoT) beserta website pengendali dan *jobsheet* mampu meningkatkan kompetensi peserta didik pada mata pelajaran Praktikum Mikrokontroler. Efektivitas media diukur berdasarkan pencapaian hasil belajar pada tiga ranah, yaitu ranah kognitif, ranah afektif, dan ranah psikomotorik. Analisis data hasil *pre-test* dan *post-test* dilakukan untuk mengetahui keefektifan penggunaan trainer kit lengan robotik kendali *Internet of Things* (IoT) sebagai media pembelajaran. Sebelum dilakukan uji hipotesis, terlebih dahulu dilakukan uji normalitas menggunakan *Shapiro-Wilk test* untuk mengetahui distribusi data. Apabila data berdistribusi normal, pengujian dilanjutkan menggunakan uji parametrik, sedangkan apabila data tidak berdistribusi normal, pengujian dilanjutkan menggunakan uji nonparametrik *Wilcoxon Signed-Rank Test* untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan signifikan antara nilai *pre-test* dan *post-test*. Selanjutnya, analisis N-Gain digunakan untuk mengetahui besarnya peningkatan hasil belajar peserta didik setelah menggunakan media yang dikembangkan (Rahmawati dkk., 2021). Perhitungan *N-Gain* dalam penelitian ini menggunakan rumus sebagai berikut.

$$N\text{-Gain} = \frac{S_{post} - S_{pre}}{S_{maks} - S_{pre}}$$

Sumber: (Latri dkk., 2021:75)

Keterangan:

S_{post} = skor rata-rata *post-test*,

S_{pre} = skor rata-rata *pre-test*,

S_{maks} = skor maksimum ideal.

Nilai *N-Gain* yang diperoleh kemudian diklasifikasikan ke dalam tiga kategori untuk menentukan tingkat peningkatannya, sebagaimana disajikan pada Tabel 1.4.

Tabel 1. 4 Kategori Nilai N-Gain

Nilai <i>N-Gain</i>	Kategori
$\geq 0,70$	Tinggi
0,30–0,69	Sedang
$< 0,30$	Rendah

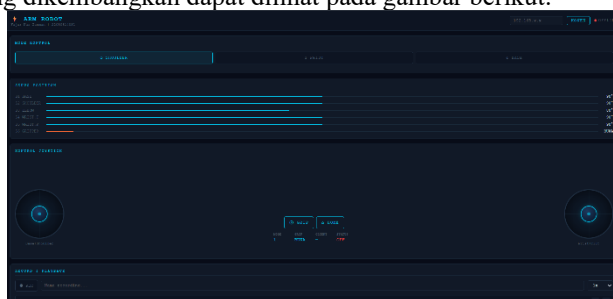
3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini menghasilkan *trainer kit arm robotic* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dikembangkan sebagai media pembelajaran praktik bagi peserta didik kelas XI Program Keahlian Teknik Elektronika Industri SMK Negeri 2 Surabaya. *Trainer kit* ini dirancang untuk memberikan pengalaman belajar yang kontekstual dan aplikatif dalam memahami konsep sistem kendali, mikrokontroler, dan teknologi IoT melalui kegiatan praktikum secara langsung. Keseluruhan sistem dikemas dalam sebuah kotak pelindung sehingga praktis untuk dibawa dan digunakan di berbagai lokasi, dengan kapasitas angkat beban hingga kurang dari 100 gram yang sesuai untuk kegiatan demonstrasi dan praktikum pada tingkat Sekolah Menengah Kejuruan. *Trainer kit* yang dikembangkan menggunakan dua jenis motor servo sebagai aktuator penggerak lengan robotik, yaitu MG995 pada sambungan yang memerlukan torsi lebih besar seperti *shoulder* dan *base*, serta SG90 pada sambungan yang membutuhkan presisi gerak lebih ringan seperti *wrist* dan *gripper*. Kombinasi kedua jenis motor servo ini dipilih untuk mengoptimalkan kinerja sistem secara keseluruhan, baik dari segi kekuatan maupun ketelitian gerak lengan robotik. Dimensi fisik lengan robotik meliputi panjang *upper arm* dan *lower arm* masing-masing 55 mm, tinggi *wrist mount* 42 mm, panjang *shoulder base* 55 mm, panjang *gripper jaw* 28 mm dengan bukaan maksimal 44 mm, serta diameter luar *wheel* 125 mm dengan tebal 63 mm dan diameter *hub* 37 mm. Tampilan fisik *trainer kit arm robotic* yang telah dikembangkan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. 1 Trainer It Arm Robot

Sistem pengendalian *trainer kit* menyediakan dua metode yang terintegrasi, yaitu pengendalian manual menggunakan dua buah joystick secara fisik dan pengendalian jarak jauh melalui antarmuka web yang dikembangkan secara mandiri. Koneksi antara ESP32 dan perangkat pengendali seperti laptop maupun *smartphone* dilakukan melalui sistem *local hosting*, di mana kedua perangkat harus terhubung dalam jaringan WiFi yang sama agar pergerakan lengan robotik dapat tersinkronisasi dengan antarmuka web. Antarmuka web yang dikembangkan menyediakan tiga mode pengendalian yang dapat dipilih sesuai kebutuhan, termasuk mode joystick virtual, serta dilengkapi fitur pemantauan sudut dan kondisi setiap motor servo secara *real-time*. Tampilan antarmuka web kendali yang dikembangkan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. 2 Web Kontrol (remot)

Proses validasi pada penelitian ini melibatkan tiga validator ahli (satu dosen dari Universitas Negeri Surabaya dan dua guru dari SMKN 2 Surabaya) yang melakukan penilaian menggunakan instrumen berbasis skala Likert 1–5 pada aspek kelayakan materi dan kelayakan media. Hasil validasi tersebut kemudian digunakan sebagai dasar untuk melakukan revisi dan penyempurnaan produk sebelum diimplementasikan kepada peserta didik. Validasi materi dilakukan oleh dua validator ahli yang terdiri atas satu dosen dan satu guru Program Keahlian Teknik Elektronika Industri, dengan penilaian meliputi kesesuaian materi dengan capaian pembelajaran, tujuan

pembelajaran, indikator praktik, kebenaran konsep, serta kesesuaian materi dengan karakteristik peserta didik. Hasil validasi materi disajikan pada Tabel 1.5.

Tabel 1. 5 Hasil Validasi Materi

Aspek Penilaian	Persentase	Kategori
Kesesuaian dengan capaian dan tujuan pembelajaran	100%	Sangat Valid
Kebenaran konsep dan keterpaduan materi	100%	Sangat Valid
Kesesuaian dengan karakteristik peserta didik	100%	Sangat Valid
Rata-rata total validasi materi	100%	Sangat Valid

Berdasarkan hasil validasi tersebut, materi pada jobsheet serta kesesuaian penggunaan trainer kit lengan robotik kendali *Internet of Things* (IoT) yang terintegrasi dengan website pengendali memperoleh persentase rata-rata sebesar 100% dengan kategori sangat valid, menunjukkan bahwa materi telah sesuai dengan capaian pembelajaran, mencakup seluruh pokok bahasan yang diperlukan, dan menggunakan konsep serta istilah teknis yang tepat sehingga layak digunakan tanpa revisi signifikan. Validasi media dilakukan oleh dua validator ahli untuk menilai aspek desain, konstruksi, fungsi dan kinerja alat, kemudahan pengoperasian, keamanan penggunaan, serta kesesuaian media dengan tujuan pembelajaran. Hasil validasi media disajikan pada Tabel 1.6.

Tabel 1. 6 Hasil Validasi Media

Aspek Penilaian	Persentase	Kategori
Fungsi dan kinerja sistem kendali	97,8%	Sangat Valid
Desain, konstruksi, dan tampilan fisik	97,8%	Sangat Valid
Keamanan dan ketahanan media	100%	Sangat Valid
Rata-rata total validasi materi	98,7%	Sangat Valid

Validasi media oleh ahli memperoleh nilai rata-rata total sebesar 98,7% dengan kategori sangat valid, yang menunjukkan bahwa trainer kit lengan robotik berbasis *Internet of Things* (IoT) telah memenuhi aspek kelayakan sebagai media pembelajaran. Seluruh aspek yang dinilai memperoleh kategori sangat valid, meliputi kemudahan penggunaan, fungsi operasional sistem, responsivitas fitur kendali, dukungan terhadap kegiatan pembelajaran praktik, kualitas bahan, tampilan fisik, tata letak komponen, kelengkapan data sheet, serta aspek keamanan media. Beberapa indikator memperoleh persentase 93,3%, yaitu pada responsivitas fitur kendali, tata letak komponen, dan kejelasan informasi dalam data sheet, sedangkan indikator lainnya memperoleh persentase 100%. Dengan demikian, trainer kit lengan robotik berbasis IoT dinyatakan layak digunakan sebagai media pembelajaran, dengan masukan dari validator dijadikan bahan penyempurnaan sebelum tahap implementasi.

Berdasarkan hasil angket yang diisi oleh 37 peserta didik kelas XI Teknik Elektronika Industri SMK Negeri 2 Surabaya, diperoleh rata-rata persentase kepraktisan media sebesar 88,6% dengan kategori sangat praktis. Hasil tersebut menunjukkan bahwa trainer kit lengan robotik kendali *Internet of Things* (IoT) beserta jobsheet memperoleh respons positif dari peserta didik serta mampu mendukung proses pembelajaran secara efektif, menarik, dan mudah digunakan. Aspek materi memperoleh persentase sebesar 88,5% dengan kategori sangat praktis, aspek konstruksi media sebesar 88,1% dengan kategori sangat praktis, dan aspek bahasa sebesar 89,9% dengan kategori sangat praktis. Hasil tersebut menunjukkan bahwa materi pada jobsheet mudah dipahami, trainer kit mudah dioperasikan, serta kegiatan praktikum mampu membantu peserta didik memahami konsep sistem kendali, mikrokontroler, robotika, dan *Internet of Things* (IoT) secara lebih aplikatif. Secara keseluruhan, media yang dikembangkan dinilai sangat praktis, mampu mendukung kegiatan pembelajaran dan praktikum, serta meningkatkan keterlibatan dan pemahaman peserta didik selama proses pembelajaran berlangsung. Analisis ketuntasan hasil belajar dilakukan dengan membandingkan jumlah peserta didik yang mencapai dan belum mencapai Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran (KKTP) yang ditetapkan sebesar 75 pada saat *pre-test* dan *post-test*. Hasil analisis menunjukkan bahwa sebelum pembelajaran, sebanyak 15 peserta didik telah mencapai ketuntasan, sedangkan 22 peserta didik belum mencapai KKTP. Setelah penggunaan trainer kit lengan robotik kendali *Internet of Things* (IoT) beserta jobsheet, jumlah peserta didik yang mencapai ketuntasan meningkat menjadi 35 peserta didik, sedangkan jumlah peserta didik yang belum tuntas berkurang menjadi 2 peserta didik. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa media pembelajaran yang dikembangkan memberikan dampak positif terhadap hasil belajar peserta didik. Uji normalitas dilakukan menggunakan metode *Shapiro-Wilk* untuk mengetahui distribusi data *pre-test* dan *post-test*. Data *pre-test* memperoleh nilai signifikansi sebesar 0,104 ($>0,05$) sehingga berdistribusi normal, sedangkan data *post-test* memperoleh nilai signifikansi sebesar 0,000 ($<0,05$) sehingga tidak berdistribusi normal. Karena salah satu kelompok data tidak memenuhi asumsi normalitas, analisis perbedaan hasil belajar dilanjutkan menggunakan uji nonparametrik *Wilcoxon Signed Rank Test*. Hasil uji *Wilcoxon Signed Rank Test* menunjukkan bahwa terdapat 29 peserta didik yang mengalami peningkatan nilai (*positive ranks*) dengan *mean rank* sebesar 16,69 dan *sum of ranks* sebesar 484,00, sedangkan 2 peserta didik

mengalami penurunan nilai (*negative ranks*) dengan *mean rank* sebesar 6,00 dan *sum of ranks* sebesar 12,00, serta 6 peserta didik memperoleh nilai tetap (*ties*) sebagaimana disajikan pada Gambar 1.3 dan 1.4.

Ranks		N	Mean Rank	Sum of Ranks
post - pre	Negative Ranks	2 ^a	6.00	12.00
	Positive Ranks	29 ^b	16.69	484.00
	Ties	6 ^c		
	Total	37		

a. post < pre
 b. post > pre
 c. post = pre

Gambar 1. 3 Hasil Peringkat (Ranks) Uji Wilcoxon Signed Rank Test

Test Statistics ^a	
	post - pre
Z	-4.630 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000

a. Wilcoxon Signed Ranks Test
 b. Based on negative ranks.

Gambar 1. 4 Hasil Uji Wilcoxon Signed Rank Test

Hasil pengujian menunjukkan nilai Z sebesar -4,630 dengan *Asymp. Sig. (2-tailed)* sebesar 0,000 (<0,05), sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima, yang berarti terdapat perbedaan signifikan antara nilai *pre-test* dan *post-test*. Untuk memperkuat hasil tersebut, dilakukan analisis *Normalized Gain (N-Gain)* terhadap hasil *pre-test* dan *post-test* 31 peserta didik yang dapat dihitung nilai N-Gain-nya, diperoleh nilai rata-rata sebesar 0,7096 yang berada pada kategori tinggi. Dari 31 peserta didik tersebut, 21 peserta didik berada pada kategori tinggi, 7 peserta didik berada pada kategori sedang, dan 1 peserta didik berada pada kategori rendah, sementara 2 peserta didik memperoleh nilai N-Gain negatif karena nilai *post-test* lebih rendah dibandingkan *pre-test*. Kondisi tersebut tidak memengaruhi kecenderungan hasil penelitian secara keseluruhan karena sebagian besar peserta didik mengalami peningkatan pada kategori tinggi. Hasil analisis N-Gain tersebut memperkuat hasil uji Wilcoxon Signed Rank Test yang menunjukkan adanya peningkatan hasil belajar peserta didik secara signifikan setelah menggunakan media yang dikembangkan. Keefektifan media pada ranah psikomotorik dianalisis menggunakan One-Sample Wilcoxon Signed Rank Test dengan nilai acuan Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran (KKTP) sebesar 75. Hasil pengujian menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,000 (< 0,05), sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima. Hal ini menunjukkan bahwa median nilai psikomotorik peserta didik secara signifikan berada di atas KKTP yang ditetapkan, sehingga peserta didik memiliki keterampilan praktik yang baik dalam mengoperasikan trainer kit lengan robotik berbasis *Internet of Things (IoT)* sesuai prosedur pada *jobsheet*. Selain itu, penilaian ranah afektif yang dilakukan melalui observasi terhadap 37 peserta didik menunjukkan skor berkisar antara 64–92 dengan nilai rata-rata 76,11, yang termasuk dalam kategori Baik. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa penggunaan trainer kit tidak hanya efektif dalam meningkatkan keterampilan praktik, tetapi juga mampu menumbuhkan sikap positif peserta didik, seperti disiplin, tanggung jawab, kerja sama, keaktifan, dan kesungguhan selama proses pembelajaran, sehingga media yang dikembangkan dinyatakan efektif dalam mendukung pencapaian hasil belajar pada ranah psikomotorik dan afektif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa trainer kit lengan robotik kendali *Internet of Things (IoT)* beserta *jobsheet* yang dikembangkan efektif dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik. Keefektifan tersebut ditunjukkan melalui peningkatan hasil belajar pada ranah kognitif, afektif, dan psikomotorik. Pada ranah kognitif, hasil uji Wilcoxon Signed Rank Test menunjukkan nilai *Asymp. Sig. (2-tailed)* sebesar 0,000 < 0,05, yang menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara nilai *pre-test* dan *post-test*. Sebanyak 29 peserta didik mengalami peningkatan hasil belajar, 2 peserta didik mengalami penurunan nilai, dan 6 peserta didik memperoleh nilai yang tetap. Hasil tersebut diperkuat oleh analisis N-Gain yang memperoleh nilai rata-rata sebesar 0,7096 dengan kategori tinggi. Temuan tersebut menunjukkan bahwa penggunaan trainer kit

mampu meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap materi mikrokontroler, sistem kendali, dan *Internet of Things* (IoT). Pada ranah afektif, peserta didik memperoleh nilai rata-rata sebesar 76,11 dengan kategori Baik, yang menunjukkan bahwa penggunaan trainer kit mampu menumbuhkan sikap positif selama proses pembelajaran dan praktikum. Sikap tersebut tercermin dari kedisiplinan, tanggung jawab, kerja sama, serta keaktifan peserta didik dalam mengikuti setiap tahapan pembelajaran. Sementara itu, pada ranah psikomotorik, hasil uji One-Sample Wilcoxon Signed Rank Test menunjukkan nilai signifikansi sebesar $0,000 < 0,05$, sehingga median nilai psikomotorik terbukti secara signifikan berada di atas Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran (KKTP) yang telah ditetapkan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peserta didik memiliki keterampilan praktik yang baik dalam merakit, mengoperasikan, dan mengendalikan trainer kit sesuai prosedur yang tercantum pada jobsheet. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan trainer kit lengan robotik kendali *Internet of Things* (IoT) beserta jobsheet mampu menciptakan proses pembelajaran yang lebih interaktif, kontekstual, dan berpusat pada peserta didik. Media yang dikembangkan tidak hanya meningkatkan penguasaan konsep secara kognitif, tetapi juga mendukung pembentukan sikap positif dan keterampilan praktik peserta didik. Dengan demikian, trainer kit lengan robotik kendali *Internet of Things* (IoT) dinyatakan efektif sebagai media pembelajaran pada mata pelajaran Teknik Elektronika Industri serta mampu mendukung pencapaian kompetensi peserta didik melalui pembelajaran berbasis praktik..

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan trainer kit lengan robotik berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan ESP32 sebagai media pembelajaran pada mata pelajaran Teknik Elektronika Industri kelas XI SMK Negeri 2 Surabaya menggunakan model pengembangan ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*), diperoleh tingkat kevalidan sebesar 100% berdasarkan penilaian ahli materi dan 98,7% berdasarkan penilaian ahli media, keduanya termasuk dalam kategori sangat valid. Tingkat kepraktisan media berdasarkan hasil angket respons peserta didik diperoleh sebesar 88,6% dengan kategori sangat praktis. Tingkat keefektifan media ditunjukkan melalui hasil uji *Wilcoxon Signed Rank Test* dengan nilai *Asymp. Sig. (2-tailed)* sebesar 0,000 ($< 0,05$) yang menunjukkan adanya peningkatan signifikan antara nilai *pre-test* dan *post-test*, serta nilai rata-rata *N-Gain* sebesar 0,7096 yang termasuk dalam kategori tinggi. Peningkatan hasil belajar juga teramati pada ranah afektif dengan nilai rata-rata 76,11 (kategori baik) dan ranah psikomotorik dengan median nilai yang secara signifikan berada di atas Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran (KKTP). Dengan demikian, trainer kit lengan robotik berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan ESP32 yang dikembangkan dinyatakan valid, praktis, dan efektif sehingga layak digunakan sebagai media pembelajaran untuk mendukung kegiatan praktikum pada mata pelajaran Teknik Elektronika Industri kelas XI SMK Negeri 2 Surabaya.

Trainer kit yang dikembangkan berpotensi diterapkan sebagai alternatif media pembelajaran praktik pada sekolah menengah kejuruan lain dengan kompetensi keahlian Teknik Elektronika Industri atau bidang serupa, khususnya pada materi sistem kendali, mikrokontroler, dan robotika. Penggunaan media ini juga dapat mendukung tercapainya pembelajaran berbasis praktik yang sesuai dengan tuntutan kompetensi dunia industri pada era Revolusi Industri 4.0. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan fitur kendali otomatis berbasis sensor atau kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) pada trainer kit lengan robotik, serta memperluas cakupan uji coba pada jumlah sampel dan kompetensi keahlian yang lebih bervariasi guna memperkuat generalisasi hasil penelitian.

Reference

- Arsyad, A. (2019). *Media Pembelajaran* (Edisi Revisi). Jakarta: Rajawali Pers.
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet Of Things: A Survey. *Computer Networks*, 54(15), 2787–2805. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>
- Branch, R. M. (2009). *Instructional Design: The ADDIE Approach*. New York: Springer.
- Dewantoro, G. (2020). Rancang Bangun Lengan Robot Pemilah Barang Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputasi*, 2(1), 15–23.
- Dharma, S., Latief, M., Perdana, S., Jayadie, A., & Asri, M. (2025). Pengembangan Website Pembelajaran Untuk Meningkatkan Literasi Kesehatan Siswa SMK. *Epistema*, 6(1), 18–30. <https://doi.org/10.21831/Ep.V6i1.82451>
- Fadhilah, M. N., Saputra, H., & Wahyudi, A. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Robotika Untuk Meningkatkan Keterampilan Psikomotorik Peserta Didik SMK Pada Kompetensi Otomasi Industri. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 12(2), 145–157. <https://doi.org/10.21831/Jpv.V12i2.49126>
- Firmansyah, R., Hidayat, T., & Nugraha, A. (2024). Desain Dan Implementasi Lengan Robot Enam Derajat Kebebasan Berbasis Internet Of Things Untuk Sistem Kendali Jarak Jauh. *Jurnal Ilmu Teknik Elektro Indonesia*, 13(1), 34–43. <https://doi.org/10.29207/Jitei.V13i1.4521>
- Hidayat, S., & Asnil. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Elektronika Analog & Digital Berbasis Trainer Di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*, 7(1), 64–68. <https://doi.org/10.24036/Jtev.V7i1.108019>
- Inayah, S., Safitri, Y., Zurweni, Sarmada, Andriani, N., Maison, Anindita, M., Mardhotillah, B., Multahadah, C., Z, G., Muhammad, D., & Karmanto, B. (2025). *Statistika Non Parametrik*. Padang: UME Publishing.
- Latri, Rahmawati Patta, S. E. P. A., & Juhari, A. (2021). *ELPSA Dalam Pembelajaran Geometri*. Makasar: AGMA.

- Maier, A., Sharp, A., & Vagapov, Y. (2017). Comparative Analysis And Practical Implementation Of The ESP32 Microcontroller Module For Internet Of Things Applications. *Proceedings Of The 2017 Internet Technologies & Society Conference (ITS 2017)*, 143–148.
- Nugraha, D., & Prasetyo, H. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Mikrokontroler Arduino Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Elektronika Dan Sistem Kendali Siswa SMK. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 10(1), 55–63. <https://doi.org/10.26740/jpte.v10n1.p55-63>
- Nurfaizal, Y., Firmansyah, A., & Kurniawan, D. (2021). Prototype Robot Arm Dengan Mekanisme Gripper Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal JTEC*, 3(1), 28–36. <https://doi.org/10.35912/jtec.v3i1.297>
- Paembonan, S. (2024). Pengembangan Sistem Lengan Robotik Berbasis Iot Untuk Rehabilitasi Medis. *Jurnal Biomedika Dan Kesehatan*, 7(2), 88–97. <https://doi.org/10.18051/jbiomedkes.2024.V7.88-97>
- Purnamawati, Jufri, A. H., & Maharani, S. R. (2024). Penggunaan Trainer Berbasis Internet Of Things Dalam Pembelajaran Vokasi: Peningkatan Pemahaman Dan Motivasi Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan Vokasional Indonesia*, 9(1), 25–35. <https://doi.org/10.29407/jvkn.v9i1.21345>
- Purwanto, P. (2018). *Teknik Penyusunan Instrumen Uji Validitas Dan Reliabilitas Penelitian Ekonomi Syariah*. Magelang: Staiapress.
- Rahman, A., Kurniawan, B., & Sulaiman, F. (2020). Pemanfaatan Lengan Robotik Sebagai Media Pembelajaran Untuk Pengembangan Kemampuan Berpikir Logis Dan Keterampilan Praktik Siswa. *Jurnal Ilmu Pendidikan*, 26(2), 79–89. <https://doi.org/10.17977/Um048v26i22020p079>
- Rahmawati, R., Achdiani, Y., & Handayani, M. N. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Website Wix Pada Mata Pelajaran Produksi Pengolahan Hasil Nabati Di SMKN 2 Cilaku Cianjur. *Edufortech*, 6(2). <https://doi.org/10.17509/Edufortech.V6i2.39293>
- Sari, R., & Rahman, M. (2023). Integrasi Teknologi Internet Of Things Dalam Ekosistem Pendidikan Vokasi: Dampak Terhadap Literasi Teknologi Dan Kesiapan Kerja Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan Kejuruan Indonesia*, 6(1), 11–22. <https://doi.org/10.21831/jpki.v6i1.51234>
- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. Geneva: World Economic Forum.
- Sudirman, Lembang, S. T., Kondolayuk, M. L., Andinny, Y., Vonnisye, Marlinda, N. L. P. M., Kartini, K. S., Nursa'adah, F. P., Juniawan, I. P. P. M. E., Sukmawati, R., Purwanti, P., Rosa, N. M., Seruni, Indrawati, F., Suryati, K., Anggereni, S., Safitri, P. T., I. I. D. D., Indrayana, I. P. T., & Thana, D. P. (2023). *Statistika Pendidikan*. Bandung: Media Sains Indonesia.