**PENGEMBANGAN MEDIA TRIANER ROBOTIKA BERBASIS INTERNET OF THINGS DI SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN**

**Adhe Gledis H(\*1), Yasser Abd Djawad(2), Hendra Jaya(3)**

(1)\*Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Universitas Negeri Makassar, [adhegledis@gmail.com](mailto:adhegledis@gmail.com)

(2) Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Universitas Negeri Makassar, [yasser.djawad@unm.ac.id](mailto:yasser.djawad@unm.ac.id)

(3) Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Universitas Negeri Makassar, [hendra.jaya@unm.ac.id](mailto:hendra.jaya@unm.ac.id)

***ABSTRACT***

*The objective of this research is to design and develop an IoT-based robotics trainer media for vocational high schools (SMK) using the Research and Development (R&D) method with the 4D development model (Define, Design, Development, and Dissemination). In the Define stage, a needs analysis is conducted to determine relevant learning materials. The Design stage involves designing the trainer media, IoT web platform, and Student Worksheets (LKPD). During the Development stage, validation tests, practicality tests, and effectiveness tests are conducted, resulting in media that are valid, practical, and effective. The validation results indicate that the media have a very high validity level with an average percentage of 96.03%, covering aspects such as application/device, appearance, content, language, and presentation. Trials at various stages also yielded high scores, with an average score above 80%. The test results show that the media are highly practical and effective, with a gain value of 0.75, categorized as high, indicating an improvement in students' understanding. Overall, this learning media is relevant, easy to use, engaging, and effective in supporting IoT-based robotics learning.*

***Keywords:* *Learning Media, Robotics, IoT***

**ABSTRAK**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan mengembangkan media trainer robotika berbasis IoT di SMK menggunakan jenis penelitian *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan 4D (*Define*, *Design*, *Development*, dan *Dissemination*). Pada tahap Define, dilakukan analisis kebutuhan untuk menentukan materi pembelajaran yang relevan. Tahap Design meliputi perancangan media trainer, platform web IoT, dan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD). Pada tahap Development, dilakukan uji validasi, uji kepraktisan, dan uji efektivitas media pembelajaran, menghasilkan media yang valid, praktis, dan efektif. Hasil validasi menunjukkan bahwa media memiliki tingkat validitas sangat valid dengan persentase rata-rata 96,03%, mencakup aspek aplikasi/perangkat, tampilan, isi, bahasa, dan penyajian. Uji coba pada berbagai tahap juga menghasilkan skor tinggi, dengan nilai rata-rata di atas 80%. Uji tes soal menunjukkan bahwa media sangat praktis dan efektif, dengan nilai gain sebesar 0,75 yang termasuk kategori tinggi, menunjukkan peningkatan pemahaman peserta didik. Secara keseluruhan, media pembelajaran ini relevan, mudah digunakan, menarik, dan efektif dalam mendukung pembelajaran robotika berbasis IoT.

**Kata Kunci: Media Pembelajaran, Robotika, IoT**

**LATAR BELAKANG**

Era teknologi semakin canggih, perkembangan pesat dari teknologi membuat berbagai bidang industri atau usaha semakin baik. Mulai dari bidang transportasi seperti adanya ojek online yang memudahkan para pengguna dalam melakukan perjalanan, toko online yang membuat para konsumen dapat belanja dimanapun dan kapan saja, pemesanan makanan dari gadget dengan mudah, dan berbagai macam contoh perkembangan teknologi lainnya. Teknologi memberikan dampak yang sangat baik bagi para penggunanya, membuka banyak peluang usaha dan sampai meningkatkan kualitas hidup para penggunanya.

Pendidikan mencerminkan nilai-nilai luhur, kebenaran, keindahan, dan kelayakan dalam kehidupan. Dalam pelaksanaannya, pendidikan melibatkan upaya menggerakkan seluruh elemen pendidikan oleh pendidik dengan fokus pada pencapaian tujuan yang telah ditetapkan. Bagaimana proses pendidikan itu dilaksanakan sangat menentukan kualitas hasil pencapaian tujuan pendidikan. Pengelolaan proses pendidikan meliputi ruang lingkup makro, meso dan mikro (Restian & Widodo, 2019)

Media ajar merupakan komponen penting dalam proses pembelajaran (Jaya, 2017). Adanya Media pembelajaran akan mempermudah dosen dalam menyampaikan materi pembelajaran dan mahasiswa lebih mudah dalam belajar. Media pembelajaran ini bisa diperbanyak/diproduksi yang bertujuan agar Media pembelajaran yang dihasilkan bisa diterapkan secara keseluruhan pada peserta didik. Teori Charless Prosser mengatakan bahwa pembelajaran akan efektif jika dilaksanakan secara khusus dan langsung pada permasalahannya dengan mengikuti reflika yang ada pada industry (Prosser, 1952).

Pada dunia pendidikan di era modern ini, penggunaan internet ikut terlibat dalam proses belajar mengajar (Suryati & Wijaya, 2023). Internet adalah jaringan komunikasi yang memungkinkan perangkat komputer di seluruh dunia untuk saling terhubung dan bertukar informasi secara real-time (Aziz, Alfariz, Mardiansyah, Ghozali, & Hidayat, 2024) .Internet adalah salah satu bagian penting dalam perkembangan teknologi di zaman sekarang ini. Internet telah mengubah hampir setiap aspek kehidupan kita, dari cara kita bekerja, belajar, berkomunikasi, hingga cara kita bersoasialisasi. Ini adalah era digital, dimana internet adalah jalan utama yang menghubungkan kita dengan dunia. Internet adalah sebuah protokol jaringan yang membuat para penggunanya dapat saling terhubung satu sama lain. Internet mampu menghubungkan manusia antar pulau bahkan antar benua secara real time. Internet dalam berbagai negara terus meningkat, dengan meningkatkan kualitas dari segi kecepatan, keamanan, jangkauan maupun dari segi finansial. Internet tidak hanya menjangkau daerah perkotaan tapi telah menjangkau sampai pelosok desa-desa meskipun dengan kualitas yang sedikit berbeda. Salah satu tujuan utama dari internet ini adalah percepatan komunikasi dan informasi

Era industri 4.0 adalah era dimana internet adalah hal wajib dalam menjalankan sebuah teknologi. Internet of Things atau disingkat IoT adalah istilah dari salah satu teknologi pada era industri 4.0. IoT adalah teknologi yang dapat menghubungkan segala macam teknologi baik berupa hardware maupun software. Mematikan lampu dari jarak jauh adalah contoh kecil dari teknologi IoT. Teknologi ini juga telah masuk di berbagai macam bidang seperti industri pertanian, industri peternakan, smart home, kesehatan dan lain sebagainya. Manusia bahkan akan hidup dalam ketidakpastian global, oleh karena itu manusia harus memiliki kemampuan untuk memprediksi masa depan yang berubah sangat cepat (Yahya, 2018)

Selain teknologi IoT terdapat teknologi maju lain yang tidak kalah pentingnya yaitu teknologi robot. Robot adalah bidang teknologi industri bidang elektronika yang dapat mengerjakan suatu pekerjaan kompleks dengan otomatis. Robot ini diharapkan dapat membantu manusia dalam mengerjakan pekerjaan yang berbahaya, berat, berulang, dan lain sebagainya. Salah satu contoh robot banyak digunakan di industri besar seperti industri otomotif, dimana pekerjaan seperti merakit kendaraan, memasang spare part, pengecatan dapat dilakukan oleh sebuah robot secara terus menerus dan hasil yang maksimal. Salah satu komponen penting pada robot adalah mikrokontoler. Mikrokontroler berfungsi sebagai otak dari perangkat IoT (Risal, 2024). Salah satu jenis mikrokontroler yang popular adalah ESP32. ESP32 adalah jenis mikrokontroler yang sudah memiliki fitur wifi sehingga dapat lansung terkoneksi ke perangkat jaringan. Toolkit pengembang ESP 32 juga memiliki WiFi kemampuan untuk mengirim dan menerima data (Djawad, et al., 2023).

Semua bidang atau teknologi diatas tentunya memerlukan sumber daya manusia (SDM). Sekolah Menengah Kejuruan adalah penghasil SDM yang diharapkan dapat menjadi tenaga teknis yang dapat mengusai bidang kejuruannya. Teknik Elektronika Industri adalah salah satu program keahlian pada program studi Teknik elektronika yang ada di SMK. Program keahlian ini mempelajari kajian ilmu tentang perkembangan teknologi seperti robotik. Berdasarkan hasil observasi awal dengan melakukan wawancara langsung kepada peserta didik, diperoleh beberapa informasi bahwa materi robotika terdapat pada program keahlian teknik elektronika. Pada mata pelajaran penerapan rangkaian elektronika, terdapat materi tentang pengenalan dasar elektronika, sensor dan transduser, mikrokontroler, dasar robotika, internet of things, namun diperoleh masalah bahwa belum adanya media yang memumpuni sebagai penunjang pembelajaran pada mata pelajaran tersebut, seperti halnya robotika yang berbasis internet of things yang sudah diketahui merupakan teknologi yang sudah banyak diaplikasikan di kehidupan saat ini.

Berdasarkan obesevasi juga diperoleh informasi bahwa pembelajaran internet of things ternyata sudah ada pada mata pelajaran antarmuka dan komunikasi data, namun belum ada pengaplikasian lebih lanjut tentang internet of things tersebut. Melihat dari kondisi nyata tersebut dapat dilihat kesenjangan yang terjadi terhadap perkembangan teknologi sekarang yang sudah menggunakan teknologi IoT, maka penulis mencoba untuk melakukan pengembangan berupa alat peraga atau trainer tentang robotik, dimana robotik yang awalnya tidak terkoneksi internet menjadi robotik berbasis Internet of Things.

Penggunaan Trainer memungkinkan siswa untuk belajar dengan lebih interaktif melalui penggunaan perangkat keras dan perangkat lunak yang terintegrasi, memberikan kesempatan untuk mengembangkan keterampilan praktis yang dibutuhkan dalam bidang teknologi. (Sidik, Risal, & Hudiah, 2024) Trainer robotik berbasis *internet of things* ini berisi kontroler yang dapat terkoneksi dengan internet dan sebuah antar muka seperti sensor dan aktuator. Sensor dan aktuator yang dimaksud berupa komponen dasar penggerak robotika seperti motor DC, motor servo, dan sensor dasar seperti sensor cahaya LDR, sensor proximity, serta komponen lainya seperti display LCD 16x2, buzzer, pushbutton. Trainer robotik ini juga terkoneksi dengan internet sehingga pengguna nantinya dapat mengontrol maupun memonitoring robot secara real-time melalui gadget atau website.

**METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) yang bertujuan untuk menghasilkan produk berupa media trainer robotika berbasis *Internet of Things* (IoT). Metode R&D ini mengacu pada model pengembangan 4D. Model 4D merupakan metode pengembangan yang terdiri dari empat tahap, yaitu Define, Design, Develop, dan Disseminate, yang digunakan untuk menghasilkan produk media pembelajaran yang efektif dan relevan. (Wahyudi, Sabara, & Fajar , 2023). Berikut adalah penjelasan setiap tahapan.

1. Tahap Pendefinisian (*Define*)

Tahap ini memiliki tujuan untuk menganalisis kebutuhan awal peserta didik serta meninjau kebutuhan kurikulum terkait pembelajaran robotika berbasis IoT. Kegiatan yang dilakukan mencakup wawancara langsung dengan peserta didik untuk mengidentifikasi tingkat pemahaman mereka serta kebutuhan terhadap materi robotika dan IoT. Selain itu, dilakukan analisis terhadap modul kurikulum yang digunakan di Sekolah Menengah Kejuruan untuk memastikan media trainer sesuai dengan standar kurikulum yang berlaku.

1. Tahap Perancangan (Design)

Tahap ini difokuskan pada proses merancang media trainer robotika berbasis IoT beserta perangkat pendukungnya. Rancangan ini disusun berdasarkan hasil analisis kebutuhan sebelumnya untuk memastikan media trainer sesuai dengan kebutuhan pembelajaran dan standar kurikulum. Kegiatan yang dilakukan meliputi desain perangkat keras trainer yang mencakup komponen robotika dan sistem IoT, serta pengembangan antarmuka berbasis web untuk pengendalian dan monitoring menggunapak webhost. Implementasi webhost berbasis ESP32 untuk mengontrol dan memonitoring kerja robot lengan secara *real time* (Suhaeb & Risal, 2024). Selain itu, disusun pula Lembar Kerja Peserta Didik sebagai panduan pembelajaran penggunaan media trainer. Setiap rancangan diuji coba untuk memastikan fungsionalitas, kepraktisan, dan relevansinya dalam mendukung pembelajaran robotika berbasis proyek.

1. Tahap Pengembangan (*Development*)

Tahap ini bertujuan untuk menguji kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan media trainer yang telah dirancang. Uji validasi dilakukan dengan melibatkan ahli bidang elektronika yang menilai media trainer menggunakan angket validasi untuk memastikan kesesuaiannya. Analisis kevalidan dilakukan secara deskriptif mengacu pada table berikut:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Interval | Kriteria Kevalidan | Keterangan |
| 80.01%  -100% | Sangat Valid | Dapat digunakan tanpa revisi. |
| 40.01%  -80.00% | Valid | Dapat digunakan namun perlu revisi kecil. |
| 0.00%  -40.00% | Kurang Valid | Disarankan tidak digunakan karena perlu revisi besar. |

(Retnawati , 2016)

Uji kepraktisan dilakukan dengan meminta peserta didik mencoba media trainer dan memberikan penilaian melalui angket terkait kemudahan penggunaannya. Analisis kevalidan dilakukan secara deskriptif mengacu pada table berikut:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Interval | Kriteria Kevalidan | Keterangan |
| 80.01%  -100% | Sangat Praktis | Sangat baik digunakan |
| 40.01%  -80.00% | Praktis | Baik digunakan |
| 0.00%  -40.00% | Kurang Praktis | Tidak baik digunakan |

(Retnawati , 2016)

Sementara itu, uji keefektifan dilakukan dengan menggunakan kuis Kahoot untuk mengukur peningkatan pemahaman peserta didik setelah menggunakan media trainer. Keberhasilan implementasi Trainer Robotika Berbasis IoT yang dikembangkan akan dianalisis menggunakan metode deskriptif. Analisis ini dilakukan dengan membandingkan nilai siswa sebelum dan sesudah menggunakan Trainer Robotika Berbasis IoT. Untuk menghitung peningkatan tersebut, digunakan rumus N-Gain sebagai berikut:

*N-Gain=*

Hasil perhitungan diinterprestasikan dengan menggunakan gain ternormalisasi menurut klasifikasi (Jumiati & Akmalia, 2011) sebagai berikut:

|  |  |
| --- | --- |
| Batasan | Kategori |
| g > 0,7 | Tinggi |
| 0,3 < g ≤ 0,7 | Sedang |
| g ≤ 0,3 | Rendah |

1. Tahap Penyebaran (*Disseminate*)

Tahap ini memiliki tujuan untuk menyebarluaskan produk yang telah dikembangkan. Pada tahap ini, hanya dihasilkan produk trainer dan kelengkapannya. Produk ini kemudian disosialisasikan kepada guru dan peserta didik di beberapa sekolah.

Dengan menerapkan metode R&D berbasis model 4D, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan media trainer robotika berbasis IoT yang valid, praktis, dan efektif serta mendukung pembelajaran robotika di Sekolah Menengah Kejur

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil Penelitian**

Berikut adalah hasil penelitian pengembangan media trainer robotika berbasis internet of things (iot) pada sekolah menengah kejuruan:

1. **Tahap Pendefinisian (*Define*)**

Pengembangan media trainer robotika berbasis Internet of Things (IoT) di Sekolah Menengah Kejuruan diawali dengan analisis kebutuhan yang bertujuan untuk memahami tingkat pemahaman siswa dan relevansi materi dengan kurikulum yang diterapkan. Wawancara langsung dengan peserta didik dilakukan untuk mengetahui sejauh mana mereka memahami konsep robotika dan IoT, serta tantangan yang dihadapi dalam pembelajaran. Selain itu, analisis terhadap modul kurikulum yang digunakan di jurusan Teknik Elektronika Industri juga dilakukan untuk memastikan bahwa materi yang disusun sesuai dengan standar kompetensi yang harus dicapai siswa. Hasil dari analisis ini menunjukkan perlunya media pembelajaran yang tidak hanya memfasilitasi pemahaman robotika dasar tetapi juga mengintegrasikan teknologi IoT untuk menjawab kebutuhan pembelajaran berbasis proyek yang mendukung tuntutan Industri 4.0.

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, disusun tujuh materi yang dirancang untuk memberikan pemahaman secara bertahap, mulai dari dasar-dasar robotika hingga penerapannya dengan teknologi IoT. Materi tersebut meliputi

* + Konveyor dan Pengendalian Motor DC
  + Konveyor dengan Sensor Proximity
  + Konveyor dengan Sensor Seleksi Warna
  + Hitung Kotak dengan Kendali Robot Lengan
  + Hitung Kotak dengan Kendali Robot Lengan berbasis IoT
  + Seleksi Warna dengan Kendali Robot Lengan
  + Seleksi Warna dengan Kendali Robot Lengan berbasis IoT

1. **Tahap Perancangan (*Design*)**

Pada tahap ini, fokus utama adalah merancang media trainer robotika berbasis IoT serta perangkat pendukungnya. Kegiatan yang dilakukan meliputi:

1. Merancang trainer robotika

* Merancang skematik: Menyusun diagram rangkaian elektronik untuk memastikan integrasi dan fungsi setiap komponen.

A circuit board with many wires

Description automatically generated

Gambar . Skematik pin antarkuma ESP32

* Merancang layout: Membuat tata letak PCB menggunakan perangkat lunak desain untuk menentukan jalur komponen yang efisien.

A computer screen shot of a circuit board

Description automatically generated

Gambar . Layout Trainer

* Membuat PCB: Melakukan pencetakan, pengeboran, dan penyolderan komponen pada papan sirkuit.

A white rectangular object with red lines on it

Description automatically generated

Gambar . PCB Trainer

* Membuat case robot menggunakan cetakan 3D: Mencetak casing robot menggunakan printer 3D untuk memastikan presisi dan ketahanan struktur.

A blue robotic arm with wires

Description automatically generated

Gambar . case lengan robot

* Melakukan uji coba terhadap rancangan awal untuk memastikan kelayakan desain.

A machine with a few parts

Description automatically generated with medium confidence

Gambar . Tampilan media trainer robotikan berbasis IoT

1. Merancang antarmuka web IoT

* Mengembangkan antarmuka web yang digunakan untuk mengontrol dan memantau media trainer.

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Gambar . Tampilan web IoT untuk kontrol trainer

A screenshot of a device

Description automatically generated

Gambar . Tampilan Web IoT untuk monitoring trainer

* Melakukan pengujian terhadap antarmuka web untuk memastikan fungsionalitasnya.

1. Menyusun LKPD (Lembar Kerja Peserta Didik)

A group of white tubes with blue and yellow labels

Description automatically generated

Gambar . Lembar Kerja Peserta Didik

* Membuat modul pembelajaran yang terintegrasi dengan media trainer.
* Melakukan uji coba terhadap modul untuk memastikan kesesuaian dengan kebutuhan peserta didik.

1. **Tahap Pengembangan (*Development*)**

Tahap ini bertujuan untuk menguji kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan media trainer yang telah dirancang. Kegiatan yang dilakukan meliputi:

1. Uji validasi

Melibatkan ahli bidang elektronika untuk menilai media trainer dan memberikan masukan terkait validitasnya. Data dikumpulkan menggunakan angket validasi yang telah disusun. Terdapat 4 bagian yang divalidasi oleh ahli yaitu, validasi media, validasi materi, validasi instrument peserta didik, dan valiasi soal tes.

Gambar . Hasil Validasi Media

Hasil validasi media menunjukkan presentase pada aspek aplikasi dan perangkat, di mana validator pertama memberikan skor 100% dan validator kedua memberikan skor 87,50%. Pada aspek tampilan, validator pertama memberikan skor 100% dan validator kedua memberikan skor 95%.

Gambar . Hasil Validasi Materi

Hasil validasi materi menunjukkan presentase pada aspek isi, kebahasaan dan penyajian, di mana pada aspek isi validator pertama memberikan skor 100% dan validator kedua memberikan skor 90,63%. Pada aspek kebahasaan, validator pertama memberikan skor 100% dan validator kedua memberikan skor 93.75%. Pada aspek penyajian, validator pertama dan validator kedua memberikan skor 100%.

Gambar . Hasil Validasi Soal

Hasil validasi soal menunjukkan presentase pada aspek petunjuk, cakupan dan bahasan, di mana pada aspek petunjuk validator pertama memberikan skor 100% dan validator kedua memberikan skor 87,50%. Pada aspek cakupan, validator pertama memberikan skor 100% dan validator kedua memberikan skor 91.67%. Pada aspek bahasa, validator pertama dan validator kedua memberikan skor 100%.

Gambar .Hasil validasi instrument respon siswa

Hasil validasi soal menunjukkan presentase pada aspek petunjuk, cakupan dan bahasa, di mana pada aspek petunjuk validator pertama memberikan skor 100% dan validator kedua memberikan skor 75%. Pada aspek cakupan, validator pertama memberikan skor 100% dan validator kedua memberikan skor 91.67%. Pada aspek bahasa, validator pertama dan validator kedua memberikan skor 100%.

1. Uji kepraktisan

Media trainer diuji coba oleh peserta didik untuk mengetahui tingkat kemudahan penggunaannya. Data dikumpulkan melalui angket kepraktisan yang diisi oleh peserta didik pada tiga kelompoka yaitu one to one (3 orang), kelompok kecil (15 orang) dan kelompok besar (33 orang).

Gambar . Hasil Respon uji one to one

Pada uji coba one to one menghasilkan persentase pada aspek aplikasi 81,25%, pada aspek tampilan 81,25%, pada aspek konten 80,56% , dan paka aspek bahasa 86,11%, dan daya tarik 83.33%, hasil tersebut menyatakan bahwa media trainer robotika berbasis IoT sangat praktis.

Gambar . Hasil Respon Kelompok Kecil

Pada kelompok kecil diperoleh rata-rata aspek aplikasi 81,67%, tampilan 82,50%, content 81,11%, bahasa 82,22%, dan daya tarik 83.33% sehingga dapat disimpulkan bahwa media yang dikembangkan berada pada kategori sangat praktis sehingga dapat dilanjutkan ke uji coba kelompok besar.

Gambar . Hasil Respon Kelompok Besar

Pada kelompok besar diperoleh rata-rata aspek aplikasi 81,82%, tampilan 84,66%, content 84,09%, bahasa 85,61%, dan daya tarik 85,86% dari data tersebut menyatakan bawahwa media trainer robotika berbasis IoT sangat praktis.

1. Uji keefektifan

Menggunakan kuis Kahoot untuk mengukur peningkatan pemahaman peserta didik setelah menggunakan media trainer.

Gambar . Hasil Pretest dan Postest

Bedasarkan gambar diatas diperoleh nilai tertinggi pada pre test adalah 56,67 dengan rata-rata nilai peserta didik adalah 42,63, dan pada post test diperoleh nilai tertinggi 100 dengan rata-rata nilai siswa adalah 85,56. Data tersebut dapat dihitung seperi berikut.

Perhitungan tersebut menghasilkan nilai N-Gain sebesar 0,75 atau dalam kategori tinggi, sehingga dapat disimpulkan bahwa trainer robotika berbasis IoT telah efektif dalam penggunaannya.

**Pembahasan**

Penelitian dimulai pada tahap define, di mana dilakukan analisis kebutuhan awal melalui wawancara langsung dengan peserta didik serta analisis terhadap modul kurikulum yang ada. Berdasarkan hasil analisis tersebut, disusunlah tujuh materi yang berkaitan dengan robotika berbasis IoT yang akan menjadi dasar pengembangan media trainer robotika. Penentuan materi ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan pembelajaran yang sesuai dengan perkembangan teknologi bidang robotika dan Internet of Things (IoT).

Pada tahap design, peneliti merancang alat trainer robotika berbasis IoT dan melakukan uji coba untuk memastikan alat tersebut dapat berfungsi dengan baik. Hasil dari tahap ini adalah terwujudnya trainer robotika berbasis IoT yang dapat digunakan dalam pembelajaran. Selain itu, peneliti juga merancang antarmuka web IoT yang dapat terhubung dengan trainer robotika yang telah dibuat. Setelah dilakukan uji coba, berhasil disusun program web yang dapat terhubung dengan trainer robotika, memudahkan peserta didik untuk berinteraksi dengan alat tersebut secara jarak jauh.

Selain itu, peneliti juga membuat Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang dirancang untuk mendukung pembelajaran peserta didik dalam memahami materi robotika berbasis IoT. Modul dan LKPD ini melalui tahap uji coba untuk memastikan bahwa materi yang diberikan dapat dipahami dengan baik oleh peserta didik. Hasil dari tahap ini adalah tujuh LKPD yang siap digunakan dalam pembelajaran.

Pada tahap development, dilakukan berbagai uji validasi untuk mengukur kualitas dan efektivitas dari media yang telah dikembangkan. Uji validasi pertama dilakukan dengan mengisi angket oleh ahli bidang elektronika, yang menunjukkan bahwa media trainer robotika berbasis IoT tersebut sangat valid untuk digunakan. Selanjutnya, uji kepraktisan dilakukan dengan meminta peserta didik mengisi angket setelah menggunakan media tersebut. Hasilnya menunjukkan bahwa media tersebut sangat praktis dan mudah digunakan oleh peserta didik. Uji keefektifan dilakukan menggunakan kuis Kahoot, yang menunjukkan bahwa media trainer robotika berbasis IoT ini sangat efisien dalam meningkatkan pemahaman peserta didik.

Pada tahap desimination, hasil dari penelitian ini menghasilkan media trainer robotika berbasis IoT yang siap untuk diimplementasikan dalam proses pembelajaran. Media ini diharapkan dapat memberikan manfaat besar bagi pembelajaran robotika di sekolah, khususnya dalam meningkatkan pemahaman peserta didik tentang konsep-konsep robotika yang terintegrasi dengan teknologi IoT. Dengan demikian, penelitian ini berhasil menciptakan media yang tidak hanya valid, praktis, dan efisien, tetapi juga siap digunakan untuk mendukung pembelajaran yang lebih efektif di masa depan.

Keunggulan utama dari trainer yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah penerapan sistem berbasis Internet of Things (IoT), yang memungkinkan pengendalian dan pemantauan secara jarak jauh melalui perangkat yang terhubung. Hal ini menjadi pembeda signifikan dibandingkan dengan penelitian sebelumnya oleh (Wahyudi, Sabara, & Fajar , 2023) yang pengembangan media trainer robotika berbasis mikrokontroler, diimana pada penelitian tersebut hanya mengembangkan trainer robotika tanpa integrasi IoT. Penelitian yang lain oleh (Efendi, 2018) menyatakan bahwa penelitian yang dilakukan menciptakan media AGUS Trainer (Arduino General Unit Sensor) yang menggunakan arduino uno yang belum memiliki fungsi koneksi wifi. Dari dua penelitian tersebut belum ada yang manggunakan fungsi IoT, dengan adanya fitur IoT, trainer ini tidak hanya memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif, tetapi juga relevan dengan perkembangan teknologi terkini, sehingga meningkatkan kompetensi peserta didik dalam menghadapi tantangan industri 4.0.

**KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian pengembangan media trainer robotika berbasis *internet of things* di SMK dapat disimpulan bahwa pengembangan media trainer robotika berbasis IoT dilakukan dengan menggunakan model pengembangan 4D, yang terdiri atas empat tahapan utama, yaitu: (1) Define, meliputi analisis kebutuhan awal untuk menentukan kebutuhan pembelajaran; (2) Design, mencakup perancangan media trainer, platform web IoT, dan lembar kerja peserta didik (LKPD); (3) Development, yang melibatkan proses uji validasi, uji kepraktisan, dan uji efektivitas media pembelajaran; serta (4) Dissemination, yaitu menghasilkan media pembelajaran beserta kelengkapan pendukungnya yang siap digunakan dalam proses pembelajaran.

Berdasarkan rangkaian validasi dan uji coba yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran yang dikembangkan telah memenuhi standar kualitas yang tinggi dan layak digunakan dalam proses pembelajaran. Hasil validasi menunjukkan bahwa media memiliki tingkat validitas sangat baik dengan rata-rata nilai 96,03%, mencakup berbagai aspek seperti aplikasi/perangkat, tampilan, isi, bahasa, penyajian, dan cakupan. Uji coba pada berbagai tahap (one-to-one, kelompok kecil, dan kelompok besar) juga menghasilkan skor yang konsisten tinggi, dengan aspek aplikasi/perangkat, tampilan, isi, bahasa, dan daya tarik memperoleh nilai rata-rata di atas 80%.

Selanjutnya, uji tes soal menunjukkan bahwa media pembelajaran sangat praktis, baik dari segi kemudahan penggunaan maupun efektivitas dalam membantu peserta didik memahami materi. Analisis nilai gain sebesar 0,75 yang termasuk kategori tinggi memperkuat kesimpulan bahwa media ini efektif dalam meningkatkan pemahaman peserta didik. Secara keseluruhan, media pembelajaran ini relevan, mudah digunakan, menarik, dan efektif sebagai alat bantu dalam mendukung proses pembelajaran.

**DAFTAR PUSTAKA**

Aziz, M. W., Alfariz, M. Z., Mardiansyah, Ghozali, A., & Hidayat, R. (2024). Pengenalan Internet, Dampak Positif dan Negatif Serta Fungsi Internet di Dunia Pendidikan SDN 3 Rawa Buntu. *APPA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 34–38.

Djawad, Y. A., Jumadi, O., Junda, M., Sabran, Sabara, E., & Misi, R. (2023). IoT-based device for water quality monitoring with mealworm feeding for vannamei shrimp. *Science, Engineering and Health Studies*, 23040004.

Efendi, A. (2018). Pengembangan Media "Agus Trainer" Untuk Pembelajaran Robotika. *Jurnal Ilmiah Edutic : Pendidikan dan Informatika*, 5(1), 32-38.

Jaya, H. (2017). Pengembangan Media Ajar Pada Mata Kuliah Pengantar Pendidikan Kejuruan. *Jurnal MEKOM (Media Komunikasi Pendidikan Kejuruan)*, 104–112.

Jumiati , S., & Akmalia, D. (2011). Peningkatan Hasil Belajar Siswa dengan Menggunakan Model Numbered Heads Together (NHT) pada Materi Gerak Tumbuhan di Kelas VIII SMP. *Jurnal Pendidikan Biologi*, –8.

Prosser, C. (1952). *Vocational Education in the United States.* Washington D.C: The Bulletin of the U.S. Bureau of Education.

Restian, H., & Widodo, W. (2019). Pengelolaan Proses Pendidikan: Ruang Lingkup Makro, Meso, dan Mikro. *Jurnal Pendidikan dan Pengajaran*, 45-58.

Retnawati , H. (2016). *Validitas, Reliabilitas & Karakteristik Butir: Panduan untuk Peneliti, Mahasiswa, dan Psikometrian.* Yogyakarta: Penerbit Andi.

Risal, A. (2024). Pelatihan Dasar Mikrokontroller Arduino Berbasis Wokwi Pada. *Jurnal Sipakatau : Inovasi Pengabdian Masyarakat*, 363-368.

Sidik, D., Risal, A., & Hudiah, A. (2024). Iot-Based Microcontroller Trainer Media: Innovation for Vocational Education Essential Programs. *International Journal of Latest Technology in Engineering, Management & Applied Science (IJLTEMAS)*, 6-10.

Suhaeb, S., & Risal, A. (2024). Implementation of ESP32-Based Web Host For Control and Monitoring of Robotic Arm . *JESSI : Journal of Embedded Systems, Security and Intelligent Systems*, 249-254.

Suryati, S., & Wijaya, H. (2023). Pengaruh Penggunaan Internet terhadap Proses Pembelajaran di Era Digital. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi*, 112-118.

Wahyudi, Sabara, E., & Fajar , M. (2023). Pengembangan Media Trainer Rekayasa Sistem Robotika Berbasis Internet of Things. *MediaTIK: Jurnal Media Pendidikan Teknik Informatika dan Komputer*, 16-25.

Yahya, M. (2018). Era Industri 4.0 dan Perubahan Cara Beraktivitas Manusia dalam Menghadapi Ketidakpastian Global. *Jurnal Ekonomi dan Teknologi*, 234-245.