

## Pengembangan Media Sistem Kerja Sensor Berbasis *Internet of Things* (IoT) pada Program Industri 4.0 SMK

### *The Development of IoT-based Microcontroller Media for Industrial Program 4.0 at Vocational Secondary School*

**Wahyudi**

Universitas Negeri Makassar

Jl. A. P. Pettarani, Tidung, Kec. Rappocini, Kota Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia  
90222

[wahyudi@unm.ac.id](mailto:wahyudi@unm.ac.id)

**Muhammad Romario Basirung**

Pusat Data dan Teknologi Informasi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan  
Teknologi

Jl. RE. Martadinata, Tromol Pos 7/CPA, Ciputat, Tangerang Selatan, Banten, Indonesia  
15411

[romario.basirung@kemdikbud.go.id](mailto:romario.basirung@kemdikbud.go.id)

---

*Diterima:*  
17 November 2022

*Direvisi:*  
01 Maret 2023

*Disetujui:*  
01 Juni 2023

**ABSTRAK:** Perkembangan era revolusi industri 4.0 dengan perubahan teknologinya telah memengaruhi berbagai sektor, termasuk pendidikan di Sekolah Menengah Kejuruan. Lembaga pendidikan ini perlu meningkatkan pengetahuan siswa serta keterampilan kerja di industri agar mereka memiliki daya saing yang tinggi di era revolusi industri 4.0. Salah satu bidang ilmu yang sangat penting dalam revolusi industri 4.0 adalah Internet of Things (IoT). Oleh karena itu, dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengembangkan media trainer microcontroller berbasis IoT sebagai materi pembelajaran esensial di SMK yang valid, praktis, dan efektif. Metode penelitian yang digunakan adalah Research and Development (R&D) dengan model pengembangan, yang merupakan modifikasi dari 2 model pengembangan yaitu Waterfall dan Prototipe. Hasil modifikasi dari model pengembangan tersebut adalah sintaks/tahapan pengembangan yang sesuai untuk mendesain dan mengembangkan produk pembelajaran yaitu media pembelajaran sensor berbasis IoT. Penelitian ini dilakukan dalam 5 tahapan yaitu 1) Analisis Kebutuhan; 2) Perancangan; 3) Uji Kelayakan; 4) Pelaksanaan/Implementasi; dan 5) Evaluasi dan Revisi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media trainer microcontroller berbasis IoT yang dikembangkan memiliki validitas yang sangat tinggi dalam hal aspek media dan materi yang disajikan. Selain itu, implementasi media trainer ini juga mendapat tanggapan positif dari siswa yang menyatakan bahwa penggunaannya sangat praktis, dan terjadi peningkatan nilai tes siswa setelah implementasi media trainer ini, dengan kategori peningkatan yang tinggi. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa media trainer microcontroller berbasis IoT yang telah dikembangkan melalui penelitian ini layak

digunakan. Media tersebut juga terbukti praktis dan efisien dalam penggunaannya.

**Kata Kunci:** industri 4.0; Internet of Things; trainer microcontroller

**ABSTRACT:** The development of the industrial revolution 4.0 era and the technology has been influencing various sectors, including education in Vocational High Schools. This educational institution needs to improve students' knowledge and skills in the industry so that they have high competitiveness in the era of the industrial revolution 4.0. One of the most important fields of science in the industrial revolution 4.0 is the Internet of Things (IoT). Therefore, this research aims to develop an IoT-based microcontroller trainer media as an essential learning material in SMK that is valid, practical, and effective. The research method used is Research and Development (R&D) with the modification of 2 development models, namely Waterfall and Prototype. The modification results in syntax/development stages suitable for designing and developing learning products, namely IoT-based sensor learning media. This research is conducted in 5 stages, namely 1) Needs Analysis; 2) Design; 3) Feasibility Test; 4) Implementation; and 5) Evaluation and Revision. The result shows that the IoT-based microcontroller trainer media developed has a very high validity in terms of media and material presented. In addition, the implementation of this trainer media also receives positive responses from students who state that the use of this media trainer is very good.

**Keywords:** industry 4.0; Internet of Things; trainer micro controller

---

## PENDAHULUAN

Fenomena revolusi industri 4.0 sudah tidak asing lagi bagi para pelaku di bidang teknologi khususnya yang bergerak pada sistem informasi digital. Revolusi industri 4.0 merupakan suatu fenomena yang terjadi dengan mengolaborasi teknologi *cyber* dan teknologi otomasi. Sebagian besar pendapat mengenai potensi manfaat Industri 4.0 adalah mengenai perbaikan kecepatan fleksibilitas produksi, peningkatan layanan kepada pelanggan dan peningkatan pendapatan. Terwujudnya potensi manfaat tersebut akan memberi dampak positif terhadap perekonomian suatu negara. Menurut Yahya, 2020 Industri 4.0 merupakan istilah yang merujuk pada perubahan besar dalam industri yang didorong oleh perkembangan teknologi digital. Ini melibatkan integrasi sistem otomasi yang cerdas, analitika data, komputasi awan, dan

konektivitas yang lebih luas antara mesin dan manusia. Industri 4.0 bertujuan untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan fleksibilitas dalam operasi industri. Revolusi Industri 4.0 melibatkan beberapa teknologi atau bidang ilmu yang akan menjadi pilar utama untuk mengembangkan sebuah industri menuju teknologi digital yang unggul. Teknologi-teknologi tersebut adalah *Internet Of Things (IoT)*, *Big Data*, *Artificial Intelegence (AI)* dan *Cloud Computing*.

*Internet of Things (IoT)* adalah konsep yang mengacu pada jaringan perangkat fisik, kendaraan, dan perangkat lain yang dilengkapi dengan sensor, perangkat lunak, dan konektivitas untuk memungkinkan pertukaran data. Melalui IoT, perangkat dapat saling berkomunikasi dan berbagi informasi secara real-time, memungkinkan kontrol

dan pengambilan keputusan yang lebih baik. Pada dasarnya *Internet of Things* atau sering disebut IoT adalah sebuah gagasan di mana semua benda di dunia nyata dapat berkomunikasi satu dengan yang lain sebagai bagian dari satu kesatuan sistem terpadu menggunakan jaringan internet sebagai penghubung. *Internet of Thing* (IoT) adalah sebuah konsep di mana suatu objek yang memiliki kemampuan untuk mentransfer data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi manusia.

IoT menjadi pilar utama pada era revolusi industri 4.0. Menghubungkan segala *device* atau perangkat membutuhkan suatu sinkronisasi antara *software* dengan hardware. *Device* yang bersifat software seperti sistem operasi, *website*, database, dan khususnya internet harus dapat terkoneksi dengan peralatan hardware seperti contohnya lampu rumah, AC, peralatan kantor, peralatan pertanian, dan lain sebagainya. Proses sinkronisasi tersebut melibatkan ilmu kontrol khususnya adalah *Microcontroller*. *Microcontroller* berbasis IoT adalah sebuah chip yang dapat mengontrol peralatan elektronika pada umumnya dan juga terhubung ke database pada jaringan luar atau internet yang memungkinkan pengguna dapat membuat peralatan elektronik yang mampu terkontrol jarak jauh atau jarak dengan jangkauan internet.

*Trainer microcontroller* adalah alat yang digunakan untuk melatih dan mempelajari penggunaan *microcontroller*, yaitu *chip* kecil yang menggabungkan prosesor, memori, dan perangkat I/O dalam satu rangkaian. *Trainer microcontroller* biasanya dilengkapi dengan antarmuka dan komponen tambahan yang memungkinkan pengguna untuk memprogram dan menguji fungsi *microcontroller* dengan mudah. *Microcontroller* adalah sebuah komputer kecil ("*special purpose computers*") di dalam satu IC yang berisi CPU, memori, *timer*, saluran komunikasi serial dan paralel, Port input/output, ADC. *Microcontroller* digunakan untuk suatu tugas dan menjalankan suatu program. *Microcontroller* adalah ilmu terapan yang pengaplikasiannya dapat kita temui di kehidupan sehari-

hari seperti jam digital, televisi, sistem keamanan rumah, dll. *Microcontroller* juga sangat banyak digunakan dalam penelitian dan pengembangan yang dilakukan oleh peneliti, dosen, guru, bahkan mahasiswa yang mengangkat judul tesis/sekripsi/tugas akhir dengan berbasis *microcontroller*. *Microcontroller* adalah komputer pada *chip* yang diprogram untuk melakukan hampir semua kontrol, pengurutan, pemantauan, dan tampilan fungsinya. Karena biayanya yang relatif rendah, itu menjadi pilihan alami bagi perancang. *Microcontroller* dirancang untuk semuanya dalam satu papan (*board*). Kelebihannya adalah tidak ada komponen eksternal lain yang diperlukan untuk penerapannya karena semua periferal yang diperlukan sudah terpasang di dalamnya. Dengan demikian, kita dapat menghemat waktu, ruang, dan biaya yang diperlukan untuk membangun perangkat berbiaya rendah.

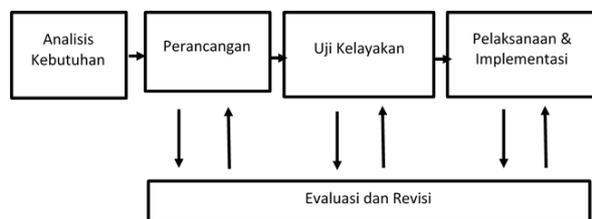
Konteks Industri 4.0 pada penggunaan IoT dan *trainer microcontroller* dapat saling terkait. IoT memungkinkan perangkat dan sistem di industri untuk terhubung dan saling berkomunikasi, sementara *trainer microcontroller* dapat digunakan sebagai alat untuk mempelajari dan mengembangkan aplikasi IoT. Dengan menggunakan *trainer microcontroller*, siswa atau praktisi industri dapat belajar dan menguji penggunaan *microcontroller* dalam mengontrol dan memantau perangkat IoT secara praktis.

Tahapan pengembangan dimulai dengan menganalisa kebutuhan yaitu, karakteristik peserta didik dan memilih sumber belajar. Tahapan selanjutnya adalah perancangan produk berupa materi pembelajaran dan merancang produk *trainer* yang selanjutnya akan dilakukan uji kelayakan dari validator ahli media. Setelah ahli media menyatakan layak untuk dipergunakan dilanjutkan dengan proses implementasi melalui uji coba langsung ke peserta didik. Tahapan terakhir adalah melakukan evaluasi dan revisi dari hasil implementasi.

Melihat kondisi pembelajaran di Sekolah Menengah Kejuruan, perlu diadakan pengembangan media pembelajaran yang

mampu mencakup ilmu di era industri 4.0 pada mata pelajaran *microcontroller*. Melihat dari masalah tersebut, perlu adanya pengembangan untuk mengetahui tahapan pengembangan *trainer microcontroller* dan IoT *interface* sebagai media pembelajaran di era industri 4.0 dan untuk menghasilkan media *trainer microcontroller* dan IoT *interface* yang valid dan praktis. Cepatnya perubahan teknologi dalam Industri 4.0 membuat pembelajaran berkelanjutan menjadi esensial. Peserta didik perlu terus memperbarui pengetahuan dan keterampilan mereka melalui pembelajaran sepanjang hayat agar tetap relevan dalam lingkungan kerja yang terus berubah.

Merujuk pada metode pengembangan ASSURE, PIE, TIP dan CAI, penelitian ini akan dilakukan dalam 5 tahapan yaitu 1) Analisis Kebutuhan; 2) Perancangan; 3) Uji Kelayakan; 4) Pelaksanaan/Implementasi; dan 5) Evaluasi dan Revisi. Dari penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan produk perangkat pembelajaran berupa media *trainer microcontroller* dan IoT *interface* yang valid dan praktis.



Gambar 1. Kerangka Konseptual Model Penelitian dan Pengembangan (Putra N, 2015)

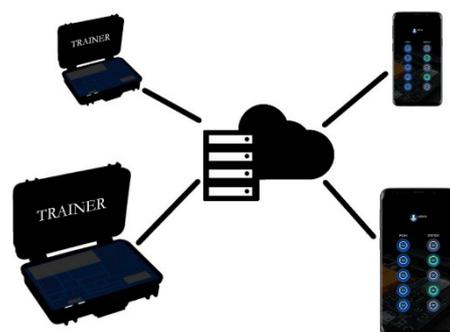
## METODE

Jenis penelitian yang digunakan adalah *Research and Development (R&D)*. Metode *R&D* atau disebut penelitian dan pengembangan adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk dan menguji kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan produk. Model pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan modifikasi dari 2 model pengembangan yaitu Waterfall dan Prototipe (Putra N, 2015). Hasil modifikasi dari model

pengembangan tersebut menghasilkan sintaks/tahapan pengembangan yang sesuai untuk mendesain dan mengembangkan produk pembelajaran yaitu media pembelajaran sensor berbasis IoT. Penelitian ini dilakukan dalam 5 tahapan yaitu 1) Analisis Kebutuhan; 2) Perancangan; 3) Uji Kelayakan; 4) Pelaksanaan/Implementasi; dan 5) Evaluasi dan Revisi. Dari penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan produk perangkat pembelajaran berupa media *trainer microcontroller* dan IoT *interface* yang valid, praktis dan efektif.

Subjek dalam penelitian ini adalah siswa Sekolah Menengah Kejuruan Negeri Kota Makassar pada program studi Elektronika. Adapun subjek penelitian yang dibutuhkan di antaranya: uji coba *one to one* sebanyak 3 orang, uji coba kelompok kecil sebanyak 5 orang, serta uji coba lapangan sebanyak 15 orang. Pada proses penerapan di lapangan, dilakukan juga uji *pre-test* dan *post-test* untuk melihat efektivitas penggunaan media.

Objek penelitian ini adalah *Trainer Microcontroller* berbasis IoT. *Trainer* berisi *chip microcontroller* dan antarmuka komponen elektronika seperti: *led, push button, lcd, 7-segment, buzzer, sensor, relay, rtc*, dan lain-lain. *Trainer* ini dikembangkan dengan menambahkan chip esp dalam bentuk modul nodeMCU sehingga dapat terhubung ke jaringan internet lewat *WiFi*. Koneksi internet memungkinkan *trainer* mengirim/menerima data pada penyimpanan *cloud* yang kemudian dapat diakses secara *real time* oleh aplikasi *smartphone*.



Gambar 2. Media Sensor IoT

Media *trainer microcontroller* berbasis IoT dikembangkan dari *trainer* sebelumnya yang berbasis Arduino dan AVR. *Trainer* ini diharapkan dapat menjadi media pendukung dalam proses belajar mengajar di kelas. Media ini dibuat berdasarkan dari Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar Sekolah Menengah Kejuruan pada Bidang Keahlian Teknologi dan Rekayasa, Program Keahlian Teknik Elektronika yang dirangkum dari lima Kompetensi Keahlian yaitu: Kompetensi Keahlian Teknik Elektronika Industri, Teknik Audio Video, Teknik Elektronika Daya dan Komunikasi, Teknik Mekatronika dan Instrumentasi Medik.

Media *microcontroller* berbasis IoT diharapkan dapat memberikan kepraktisan dan keefisienan pada para peserta didik dalam melakukan pemrograman *microcontroller*, mengontrol *input* dan *output port* untuk menyalakan LED, Seven Segment dan LCD Matrik, mengambil dan mengelolah data analog dan sensor tegangan dan suhu, menyempurnakan program *input / output port*, menggunakan bahasa pemrograman *microcontroller*, membuat program aplikasi sederhana sistem minimum *microcontroller*, membuat program aplikasi sederhana sistem pengendali dengan *microcontroller*, dan membuat program aplikasi sederhana dengan *microcontroller*.

Kualitas instrumen sangat menentukan kualitas data yang terkumpul. Untuk mendapatkan instrumen yang baik dan memperoleh informasi tentang kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan *trainer*, peneliti menggunakan instrumen angket antara lain: angket validasi, angket respons, dan tes.

Tabel 1. Kategori Validitas

Kriteria Validitas	Interval	Keterangan
85.01%-100%	Sangat Valid	Dapat digunakan tanpa revisi.
70.01%-85.00%	Cukup Valid	Dapat digunakan namun perlu revisi kecil.
50.01%-70.00%	Kurang Valid	Disarankan tidak digunakan karena perlu revisi besar.
01.00%-50.00%	Tidak Valid	Tidak boleh dipergunakan.

Tabel 2. Kategori N-Gain (Efektif)

Batasan	Kategori
$g > 0,7$	Tinggi
$0,3 < g \leq 0,7$	Sedang
$g \leq 0,3$	Rendah

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Kebutuhan

Kegiatan utama pada tahapan ini adalah menganalisis perlunya pengembangan media pembelajaran dan kelayakan serta syarat-syarat pengembangan pembelajaran *microcontroller* berbasis IoT pada program esensial SMK. Industri 4.0 membawa perubahan besar pada penggunaan teknologi elektronik, salah satunya adalah Internet of Things (IoT). IoT menjadi basis dari media *trainer microcontroller* yang dikembangkan untuk memenuhi pencapaian pembelajaran di era industri 4.0.

Pengembangan program pembelajaran harus melibatkan penyusunan rinci materi pembelajaran yang mencakup pemahaman konsep dasar IoT, penggunaan sensor, analisis data, dan integrasi teknologi Industri 4.0. Materi harus sesuai dengan kurikulum SMK yang ada. Analisis kebutuhan industri lokal harus digunakan untuk mengidentifikasi kompetensi yang diperlukan oleh lulusan SMK. Fokus pada keterampilan praktis seperti penggunaan sensor, pemrograman perangkat IoT, dan kemampuan analisis data. Memilih teknologi sensor yang sesuai dengan kebutuhan industri setempat. Perhatikan keberlanjutan dan ketersediaan platform IoT yang mendukung integrasi perangkat keras dan perangkat lunak dengan mudah.

Memastikan SMK memiliki infrastruktur yang memadai, termasuk laboratorium sensor, perangkat keras IoT, dan perangkat lunak pengelolaan data. Sediakan lingkungan pembelajaran yang mencerminkan kondisi industri sebenarnya. Guru perlu mendapatkan pelatihan yang memadai untuk memahami dan mengajar materi baru. Sediakan pelatihan terkait penggunaan sensor, pemrograman perangkat IoT, dan metode pengajaran yang

terkait dengan Industri 4.0. Kurikulum harus terintegrasi dengan baik dengan materi lain dalam program SMK. Pemetaan silabus harus dilakukan untuk memastikan kelengkapan dan keterkaitan materi pembelajaran.

Merencanakan sistem evaluasi yang mencakup pengukuran pencapaian kompetensi, proyek praktis, dan umpan balik dari industri. Gunakan hasil evaluasi untuk terus meningkatkan program pembelajaran. Serta membangun kerjasama dengan industri setempat untuk mendukung pengembangan program. Dengan melibatkan industri, program dapat lebih relevan dengan tuntutan pasar kerja aktual. Analisis karakter peserta didik menggunakan metode wawancara langsung ke siswa dan angket. Hasil wawancara dan isian angket menyatakan bahwa kebanyakan telah memiliki pengetahuan dasar tentang *microcontroller* jenis AVR dan beberapa siswa telah mulai mempelajari Arduino, namun hampir semua siswa menyatakan bahwa belum pernah mengaplikasikan *microcontroller* untuk fungsi IoT. Beberapa siswa bahkan belum mempunyai pengetahuan tentang IoT.

Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI) Bidang Otomasi Industri pada pemetaan standar kompetensi memiliki tujuan utama yaitu meningkatkan efisiensi dan produktivitas sistem di produksi. Sejalan dengan Revolusi Industri 4.0 dalam proses meningkatkan fungsi otomasi, media *trainer microcontroller* ini dikembangkan dengan fungsi otomasi yang berbasis internet dengan materi yang berpatokan pada Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar Sekolah Menengah Kejuruan (SMK).

Materi yang diambil untuk menjadi sumber pembuatan media adalah materi esensial SMK yang dirangkum dari lima kompetensi keahlian yaitu kompetensi keahlian teknik elektronika industri, teknik audio video, teknik elektronika daya dan komunikasi, teknik mekatronika dan teknik instrumentasi medik. Materi yang terangkum tersebut adalah materi pada mata pelajaran teknik pemrograman, mikroprosesor dan *microcontroller* pada pembahasan kompetensi dasar.

Kompetensi dasar tersebut menjadi dasar pembuatan media yang akan dikemas dalam bentuk *trainer microcontroller* berbasis IoT yang diharapkan mampu membantu peserta didik dalam mempelajari materi-materi esensial yang sinkron dengan perkembangan industri 4.0 pada mata pelajaran *microcontroller* di sekolah menengah kejuruan.

## Perancangan

Berdasarkan pembahasan pada tahap analisis kebutuhan, tahapan selanjutnya adalah melakukan perancangan media. Pada penelitian ini terdapat 3 produk keluaran yang dikembangkan yaitu RPP, media *trainer*, dan modul pembelajaran.

Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) dibuat berdasarkan KI-KD teknik elektronika pada program esensial yang telah dirangkum dari lima kompetensi keahlian yaitu kompetensi keahlian teknik elektronika industri, teknik audio video, teknik elektronika daya dan komunikasi, teknik mekatronika dan teknik instrumentasi medik. Pada RPP tercantum identitas program pendidikan, kompetensi inti dan kompetensi dasar yang telah berisi indikator, tujuan pembelajaran, materi pembelajaran, pendekatan, model dan metode, kegiatan pembelajaran, alat dan bahan dan media yang digunakan, sumber belajar, dan penilaian pembelajaran. Penelitian ini membuat tiga RPP yang dibuat berdasarkan kompetensi dasar teknik elektronika mata pelajaran teknik pemrograman, mikroprosesor dan *microcontroller*.

Selain perancangan *trainer*, dirancang juga aplikasi Android untuk dapat difungsikan sebagai alat komunikasi jarak jauh dengan *trainer*. *Trainer* dan android APK yang telah selesai dibuat selanjutnya akan dilengkapi dengan modul pembelajaran atau modul panduan berdasarkan susunan materi yang telah dibuat. Modul berisi 3 materi dasar dan 8 percobaan yang dikemas dalam satu jilid modul pembelajaran.



Gambar 3. Media Hasil Pengembangan

RPP tersebut memuat indikator pencapaian yang kemudian disusun dalam 3 materi dasar pengantar dan 8 modul / 8 percobaan yaitu :

1. Materi 1: *Microcontroller AVR*
2. Materi 2: *Microcontroller Arduino Board*
3. Materi 3: *Internet of Things dengan NodeMCU*
4. Percobaan 1: *Port Input/Output*
5. Percobaan 2: *Interface Led & Push Button*
6. Percobaan 3: *Interface Seven Segment*
7. Percobaan 4: *Interface LCD 16x2*
8. Percobaan 5: *Firestore Get – IoT*
9. Percobaan 6: *Interface Potensio Meter*
10. Percobaan 7: *Interface Sensor Lm35*
11. Percobaan 8: *Firestore Set – IoT*

### Uji Kelayakan

Uji kelayakan terbagi atas tiga bagian yaitu: kelayakan media, kelayakan materi, serta kelayakan instrumen dan soal untuk peserta didik. Uji kelayakan media akan memberikan penilaian pada *trainer mikrokontroler* berbasis IoT. Uji materi akan memberikan penilaian terhadap modul pembelajaran yang berisi materi pembelajaran. Uji kelayakan instrumen dan soal untuk memberikan nilai kelayakan terhadap instrumen dan soal untuk mendapatkan data tingkat kepraktisan dan keefektifan media. Uji kelayakan dilakukan oleh ahli (pakar atau *expert*) yang merupakan Dosen Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar. Pemilihan *expert* juga didasarkan pada

pengalaman dalam hal penelitian berkaitan dengan media dan *microcontroller* serta *Internet of Things*. Ahli tersebut memberikan penilaian terhadap media pembelajaran dalam kaitannya dengan *trainer mikrokontroler*.

Tahapan ini bertujuan untuk menghasilkan media dan modul pembelajaran yang valid atau layak untuk dipergunakan di Sekolah Menengah Kejuruan. Pernyataan ahli pakar tersebut akan menentukan kelanjutan ataupun dilakukannya revisi pada media, modul dan instrumen serta soal sebelum digunakan di lapangan.

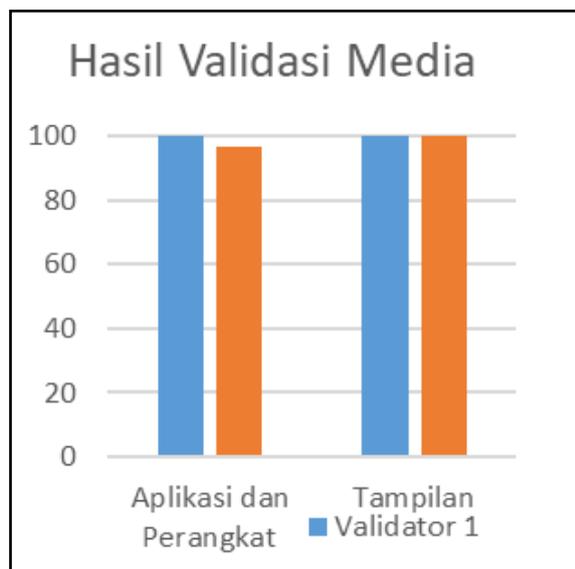
Tabel 3. Hasil Validasi Media

No	Aspek/Indikator	Validator	
		V1	V2
1	Ketetapan memilih software	4	4
2	Dapat berjalan dengan baik	4	4
3	Dapat dikelola dengan mudah	4	4
4	Kemudahan menggunakan dan kesederhaan dalam mengoperasikan	4	4
5	Kejelasan Program	4	3
6	Kelengkapan Program	4	4
7	Tingkat Interaktifitas Peserta dengan <i>Trainer</i>	4	4
8	Tersedianya fitur pada <i>trainer</i> dengan jelas	4	4
Skor Total :		32	31
Persentase (%) :		100,00%	96,88%
Kriteria :		Sangat Valid	Sangat Valid

Tabel 3 memperlihatkan skor total yang diberikan validator pertama yaitu 32 dari 32 (persentase 100%) dan telah masuk dalam kategori sangat valid. Validator kedua memberikan skor total nilai 31 dan 32 (persentase 96,88%) dan telah masuk dalam kategori sangat valid. Rata-rata skor kedua validator adalah 31,5 dari 32 (persentase 96,44%) dan dapat disimpulkan bahwa media *microcontroller* berbasis *internet of things* pada aspek aplikasi dan perangkat dinyatakan oleh kedua validator sangat valid.

Hasil validator media menunjukkan kriteria sangat valid untuk aspek aplikasi dan perangkat serta tampilan berdasarkan

data kuantitatif dari isian angket validator dan didukung dengan komentar dan saran umum yang menyatakan bahwa media sudah beroperasi dengan baik. Kesimpulan hasil validasi menyatakan bahwa media sudah layak untuk diuji coba lapangan.



Gambar 4. Grafik hasil validasi

Terkait hasil validasi materi, diperoleh skor untuk setiap aspek/ indikator sebagai berikut.

Tabel 4. Hasil Validasi Materi

No	Aspek/Indikator	Validator	
		V1	V2
1	Petunjuk pengerjaan soal dinyatakan dengan jelas	4	3
2	Kriteria penilaian dinyatakan dengan jelas	4	4
Skor Total :		8	7
Persentase (%) :		100,00%	87,50%
Kriteria :		Sangat Valid	Sangat Valid

Tabel 4 memperlihatkan skor total yang diberikan validator pertama yaitu 8 dari 8 (persentase 100%) dan telah masuk

dalam kategori sangat valid. Validator kedua memberikan skor total nilai 7 dari 8 (persentase 87,50%) dan telah masuk dalam kategori sangat valid. Rata-rata skor kedua validator adalah 7,5 dari 8 (persentase 93,75%) dan dapat disimpulkan bahwa petunjuk soal/tes penilaian siswa dinyatakan oleh kedua validator sangat valid.

## Implementasi

Tahapan ini bertujuan untuk mengetahui kepraktisan dan keefektifan media. Kepraktisan media ditentukan oleh respons peserta didik terhadap media yang diberikan, data diperoleh dari isian angket oleh peserta didik setelah menggunakan media *trainer microcontroller* berbasis IoT. Keefektifan ditentukan oleh pemahaman peserta didik, data diperoleh dari pemberian soal sebelum mengaplikasikan media *trainer microcontroller* berbasis IoT dan membandingkan dengan nilai peserta didik setelah diberikan soal setelah menggunakan *trainer microcontroller* berbasis IoT.

Tahap implementasi terbagi atas dua jenis uji coba yaitu uji coba kelompok kecil dan kelompok besar. Uji coba kelompok kecil melibatkan 5 peserta didik untuk melihat respons dan pemahaman mereka setelah menggunakan *trainer microcontroller* berbasis IoT. Jika terdapat persentase respons yang baik maka dilanjutkan ke pengujian pada kelompok besar. Jika hasil implementasi masih di bawah kategori baik, maka akan dilakukan revisi untuk dilakukan uji kembali pada kelompok kecil. Kelompok besar terdiri dari 15 orang, implementasi dilakukan sama dengan implementasi pada kelompok kecil.

Kepraktisan media *microcontroller* ditentukan oleh nilai isian instrumen, adapun instrumen yang digunakan adalah instrumen yang telah divalidasi terlebih dahulu oleh ahli. Instrumen berisi empat aspek penilaian yaitu aspek aplikasi, tampilan, konten/isi, dan bahasa. Instrumen akan diberikan pada 2 kali tahapan yaitu pada kelompok kecil dan kelompok besar.

Tabel 5. Hasil Uji Responden

No	Aspek	Persentase (%)
1	Aplikasi/Perangkat	95,00
2	Tampilan	99,58
3	Content / Isi	96,90
4	Bahasa	98,33

Tabel 5 menunjukkan rata-rata aspek aplikasi 95%, tampilan 99,58%, *content* 96,90% dan bahasa 98,33%, sehingga dapat disimpulkan bahwa media *trainer microcontroller* berbasis IoT berada pada kategori sangat praktis.



Gambar 5. Grafik Respons Siswa

Pada kelompok besar, selain penilaian kepraktisan media juga dilakukan pengambilan data untuk mengetahui efektivitas media. Data terkait efektivitas diperoleh dari pemberian tes latihan atau soal latihan kepada siswa sebelum dan sesudah penggunaan *trainer microcontroller* berbasis IoT. Sebelum menggunakan media, siswa diberikan soal latihan pilihan ganda sebanyak 40 soal yang dikerjakan dalam waktu 45 menit (*pre-test*). Setelah menggunakan media, siswa kembali diberikan soal latihan yang sama dengan urutan soal yang berbeda dari sebelumnya yang dikerjakan (*post-test*) dalam waktu 45 menit. Data yang diperoleh dari kegiatan ini akan menentukan tingkat kepraktisan media *microcontroller* berbasis IoT.

Tabel 6. Hasil Pretest – Post-test

Responden	Pre-test		Post-test	
	Jawaban Benar	Skor	Jawaban Benar	Skor
R1	10	25,0	32	80,0
R2	13	32,5	33	82,5
R3	9	22,5	32	80,0
R4	13	32,5	30	75,0
R5	12	30,0	28	70,0
R6	12	30,0	35	87,5
R7	17	42,5	36	90,0
R8	15	37,5	31	77,5
R9	12	30,0	34	85,0
R10	13	32,5	29	72,5
R11	11	27,5	32	80,0
R12	10	25,0	29	72,5
R13	15	37,5	35	87,5
R14	10	25,0	34	85,0
R15	17	42,5	35	87,5
Skor Tertinggi		42,5		90,0
Rata-rata		31,5		80,8

$$N - Gain = \frac{\text{Nilai Posttest} - \text{Nilai Pretest}}{\text{Nilai Maksimal} - \text{Nilai Pretest}}$$

$$N - Gain = \frac{90,0 - 42,5}{100,0 - 42,5} = 0,72$$

Perhitungan berdasarkan *pre-test* dan *post-test* tersebut diperoleh nilai *N-Gain* sebesar 0,72 atau dalam kategori tinggi, sehingga dapat disimpulkan bahwa *trainer microcontroller* berbasis IoT telah efektif dalam penggunaannya.

Pengembangan program dimulai dengan pembuatan materi pembelajaran yang terfokus pada konsep dasar IoT, sensor, dan aplikasi Industri 4.0. Guru-guru mendapatkan pelatihan intensif untuk memastikan pemahaman yang mendalam, dengan melibatkan pihak industri sebagai pembimbing.

Infrastruktur yang dibutuhkan, seperti laboratorium sensor, perangkat keras IoT, dan perangkat lunak analisis data, dipersiapkan atau diperbarui agar sesuai dengan tuntutan teknologi terkini. Materi baru terintegrasi ke dalam kurikulum SMK yang sudah ada, memastikan keterkaitan dengan mata pelajaran lain. Proyek praktis yang melibatkan penggunaan sensor dan teknologi IoT diintegrasikan ke dalam program pembelajaran. Kunjungan industri dan kolaborasi dengan perusahaan lokal diterapkan untuk memberikan siswa pengalaman langsung dengan kebutuhan industri.

Melalui pendekatan ini, implementasi bertujuan memberikan pengalaman praktis yang mendalam kepada siswa, mempersiapkan mereka untuk tuntutan industri masa depan, dan memastikan program SMK selaras dengan perkembangan teknologi Industri 4.0.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Penelitian yang digunakan adalah adalah *Research and Development* (R&D) dengan 5 tahapan pengembangan, yaitu: analisis kebutuhan, perancangan, uji kelayakan, pelaksanaan/implementasi, serta evaluasi dan revisi. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan produk (media pembelajaran) *microcontroller* berbasis Internet of Things (IoT) pada program esensial yang valid, praktis, dan efektif.

Produk yang telah dinyatakan layak di uji coba lapangan kemudian siap di implementasikan. Tahapan implementasi terbagi atas 3 bagian yaitu uji coba *one to one*, uji coba kelompok kecil dan uji coba kelompok besar. Tahapan implementasi ini dilakukan untuk mengetahui kepraktisan dan keefektifan media *trainer* yang dikembangkan. Data kepraktisan diperoleh dengan memberikan angket kepada siswa yang berisi beberapa aspek penilaian, seperti: aplikasi/perangkat, tampilan, *content/* isi, dan bahasa. Isian angket memperlihatkan data yang mengalami peningkatan dari setiap

proses uji coba, mulai dari uji coba *one to one* yaitu 89,56%, meningkat pada uji coba kelompok kecil menjadi 94,84%, dan kembali mengalami peningkatan pada uji coba kelompok besar menjadi 97,46%, dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa media *trainer microcontroller* berbasis IoT dalam kategori sangat praktis untuk digunakan oleh siswa.

### Saran

Keberhasilan suatu proses pembelajaran ditentukan oleh beberapa komponen yang mempengaruhinya. Komponen tersebut antara lain meliputi: tujuan, pengajar, peserta didik, metode, media (sarana dan prasarana), serta evaluasi. Semua komponen itu saling terkait sehingga ikut mempengaruhi pencapaian tujuan. Pengembangan bahan ajar sudah selayaknya menjadi kemampuan yang harus terus menerus ditingkatkan oleh setiap pengajar. Jika seorang pengajar tidak memiliki kemampuan mengembangkan bahan ajar yang bervariasi dan terkini maka akan terjebak pada situasi pembelajaran yang monoton dan cenderung membosankan bagi peserta didik

## PUSTAKA ACUAN

- Akmal. (2019). *Lebih dekat dengan Industri 4.0*. Deepublish.
- Amin, M. M. (2017). *Strategi Implementasi Revitalisasi SMK: 10 Langkah Revitalisasi SMK* [Monograph]. <http://repository.kemdikbud.go.id/5263/>
- Andrianto, H. (2013). *Pemrograman Microcontroller AVR ATmega 16 Menggunakan Bahasa C*. Informatika. Informatika.
- Ardiansyah. (2022). Virtual Synchronous Learning of Manufacturing Accounting In Supporting Learning Effectiveness. *Jurnal Teknodik*, 49–68. <https://doi.org/10.32550/teknodik.vi.871>
- Arsyad, A. (2014). *Media Pembelajaran*. PT Raja Grafindo Persada.
- Clark, R. E. (2016). *Reconsidering Research on Learning from Media: Review of*

- Educational Research. <https://doi.org/10.3102/00346543053004445>
- Daniel, M., Vasil, T., & Peter, S. (2020). *Kecerdasan Buatan: Revolusi Industri Keempat*. Cambridge Stanford Books. [https://books.google.com/books/about/Kecerdasan\\_Buatan\\_Revolusi\\_Industri\\_Keem.html?id=tR3NDwAAQBAJ](https://books.google.com/books/about/Kecerdasan_Buatan_Revolusi_Industri_Keem.html?id=tR3NDwAAQBAJ)
- Firmansyah, A. W., & Sulistiyo, E. (2017). Pengembangan *Trainer* Microcontroller Berbasis Arduino Uno sebagai Media Pembelajaran pada Mata Pelajaran Teknik Mikroprosesor di Kelas X TEI SMK Negeri Bangil Kabupaten Pasuruan. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro. Volume 06 Nomor 02 Tahun 2017*, 155–160.
- Gasong, D. (2018). *Belajar dan pembelajaran*. Deepublish.
- Hanatan, R. B., Yuniastuti, E., & Prayitno, B. A. (2023). Pengembangan Modul Digital Interaktif Berbasis Discovery Learning untuk Meningkatkan Minat Belajar Siswa : Developing Discovery Learning-based Interactive Digital Modules to Increase Students' Learning Interest. *Jurnal Teknodik*, 81–98. <https://doi.org/10.32550/teknodik.vi.862>
- Kusnandar, Y. S., & Sarifudin, S. (2022). Pemanfaatan Pusat Sumber Belajar (PSB) Digital untuk Inovasi Pembelajaran. *Jurnal Teknodik*, 26(1), 11-22.
- Nabila, S. (2023). Pengembangan Blog Sekolah Terintegrasi dengan Rumah Belajar: Rumah Belajar-integrated School Blog Development. *Jurnal Teknodik*, 13–32. <https://doi.org/10.32550/teknodik.vi.944>
- Nissa, H., & Jamalulail, I. (2023). Difusi Inovasi Pembelajaran Berbasis Teknologi Melalui Pemanfaatan Bantuan Kuota Internet: Diffusion Of Innovation In Learning Based on Technology Through Utilization Of Internet Quota Subsidy . *Jurnal Teknodik*, 63–80. <https://doi.org/10.32550/teknodik.vi.994>
- Prasetyo, H., & Sutopo, W. (2017). Perkembangan keilmuan teknik industri menuju era industri 4.0. *Prosiding Seminar dan Konferensi Nasional IDEC*.
- Putra, N. (2015). *Research & Development*. Jakarta: Rajawali Pers
- Ramli, M. (2017). *Analisis Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Madrasah Aliyah Negeri di Kabupaten Magetan*. 9.
- Santoso, D., Slamet, S., Utami, P., & Wulandari, B. (2016). Pengembangan Trainer Signal Conditioning. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 13(1), 73–84.
- Satya, V. E. (2018). *Strategi Indonesia Menghadapi Industri 4.0*. Pusat Penelitian Badan Keahlian DPR RI, Jakarta.
- Sugiyono. (2016). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. PT Alfabet.
- Susanti, D. (2021). Pemanfaatan Laboratorium Maya Versi Android untuk Meningkatkan Pemahaman Siswa Tentang Konsep Jaringan Tumbuhan. *Jurnal Teknodik*, 169-181.
- Suwandi, I. (2019). *Pengembangan Trainer Microcontroller Arduino Pada Matakuliah Microcontroller dan Interface untuk Meningkatkan Hasil Belajar Mahasiswa di Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar*. Universitas Negeri Makassar.
- Tarnadi, A. (2017). Pengembangan Media Pembelajaran Micro controler. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 7(5). <http://journal.student.uny.ac.id/ojs/index.php/Elektro/article/view/9159>
- Trust, T., Krutka, D. G., & Carpenter, J. P. (2016). "Together We are Better": Professional Learning Networks for Teachers. *Computers & Education*, 102, 15–34. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.06.007>
- Udin. (2018). *Pengembangan Modul Microcontroller Berbasis Arduino Uno Mata Pelajaran Dasar Pemrograman Kelas X Kompetensi Keahlian Teknik Audio Video Di Smk Negeri 1 Aptosari* [Skripsi]. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Wahyudi, E. S., & Sabara, E. (2022). Desain dan Implementasi Media Pembelajaran Microcontroller Berbasis Hybrid Learning Menggunakan Wokwi Simulation. *Jurnal Media Elektrik*, 19(3).

Wijaya, W. M. (2019). *Teknologi Big Data: Sistem Canggih di Balik Google, Yahoo!, Facebook, IBM*. Nilacakra. <https://books.google.co.id/books?id=Ve-NDwAAQBAJ>

Zubaidah, S. (2016). Keterampilan Abad ke 21: Keterampilan yang Diajarkan melalui Pembelajaran. *Seminar Nasional Pendidikan dengan tema "Isu-isu Strategis Pembelajaran MIPA Abad, 21*.

