



## PENGEMBANGAN PERANGKAT PEMBELAJARAN SISTEM ROBOTIKA BERBASIS MIKROKONTROLER DI ERA INDUSTRI 4.0

Wahyudi<sup>1</sup>, Amiruddin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Negeri Makassar  
wahyudi@unm.ac.id<sup>1</sup>

### Abstrak

Pendekatan pembelajaran rekayasa sistem robotika di era industri 4.0 mencakup pemanfaatan teknik-teknik pembelajaran mesin (*machine learning*) dan pendekatan lain yang berfokus pada kemampuan sistem untuk belajar, beradaptasi, dan mengoptimalkan kinerja mesin. Penelitian ini bertujuan 1) mengembangkan perangkat pembelajaran (rps, silabus, buku ajar dan kontrak kuliah) pada pembelajaran rekayasa sistem robotik 2) mendeskripsikan kualitas pengembangan sebuah perangkat pembelajaran (rps, kontrak kuliah, buku ajar dan silabus) pada pembelajaran sistem robotik untuk mencapai kriteria kualitas sangat layak, praktis dan efektif. Penelitian berupa pengembangan perangkat pembelajaran rekayasa sistem robotika dengan model *ADDIE* melalui uji coba perseorangan, uji coba kelompok kecil dan uji coba kelompok besar. uji coba kelompok kecil dilakukan pada mahasiswa yang telah memprogramkan pembelajaran dasar mikrokontroler di jurusan pendidikan teknik elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar (FT-UNM). Instrumen dalam penelitian ini berupa lembar validasi ahli media, validasi materi dan instrumen respon mahasiswa Untuk mengetahui valid dan kepraktisan data dilakukan analisis berupa konversi data kuantitatif skor penilaian menjadi data kualitatif berupa nilai standar yang terdiri dari empat skala. Hasil validasi ahli desain terkategori sangat layak, hasil validasi ahli materi terkategori sangat layak, hasil uji coba responden mulai dari uji perseorangan sampai uji kelompok besar mahasiswa terkategori sangat praktis, serta dalam uji keefektivan berdasarkan hasil *pretest* dan *posttest* mendapat kategori efektif. kesimpulan dari hasil validasi, uji coba dan revisi adalah perangkat pembelajaran rekayasa sistem robotik yang di kembangkan sangat layak, efektif dan praktis diterapkan dalam pembelajaran sistem mikrokontroler.

**Kata kunci:** Bahan ajar, industri 4.0, mikrokontroler, sistem robotika

## ***DEVELOPMENT OF MICROCONTROLLER-BASED ROBOTICS SYSTEM LEARNING TOOLS IN THE ERA OF INDUSTRY 4.0***

### *Abstract*

*The approach to learning in robotics system engineering in the era of Industry 4.0 includes the utilization of machine learning techniques and other approaches that focus on the system's ability to learn, adapt, and optimize machine performance. This research aims to: 1) develop learning tools (syllabus, course outline, course contract, and textbook) for the robotics system engineering course, 2) describe the quality of the developed learning tools (syllabus, course outline, course contract, and textbook) for the robotics system course to achieve the desired quality criteria, which is in the highly appropriate category. This research is a development study. It develops robotics system engineering learning tools using the ADDIE development model. The trials conducted include individual trials, small group trials, and large group trials. The small group trial was conducted in the electrical engineering education department with students who have programmed basic microcontroller courses related to robotics systems. The research instruments used were material validation sheets, media expert validation, and student response instruments. The validity and practicality data analysis was done by converting quantitative data, which is the score of the assessment results, into qualitative data in the form of a standard four-point scale. The results of material expert validation were categorized as highly appropriate the results of design expert*

---

*validation were categorized as highly appropriate, and the results of the student trial, ranging from individual to large group trials, were categorized as highly practical. Furthermore, the effectiveness test based on the pretest and posttest results fell into the effective category. Based on the validation, trials, and revisions conducted, it can be concluded that the developed robotics system engineering learning tools are highly appropriate, practical, and effective for use in microcontroller system learning.*

**Keywords :** *Teaching materials, industry 4.0, microcontrollers, robotic systems*

## PENDAHULUAN

Zaman revolusi industri 4.0 merupakan masa di mana perkembangan teknologi dan internet yang pesat membuat batasan-batasan terasa semakin tipis dan data yang tersedia tak terbatas. Hal ini menjadi pondasi dari keterhubungan antara mesin dan manusia. Indonesia mulai menerapkan revolusi industri 4.0 untuk mengejar ketertinggalannya dari negara-negara lain Ref. [1]. Sebagai bagian dari pelaksanaan revolusi industri 4.0 di Indonesia, pemerintah tengah melakukan serangkaian tindakan yang disebut sebagai peta jalan making Indonesia 4.0 dimana prioritas peta jalan adalah kualitas sumber daya manusia (SDM) yang meningkat dalam peningkatan kualitas pendidikan di Indonesia Ref. [2].

Proses pendidikan menjadi suatu proses yang dialami oleh setiap individu manusia. Secara alami, manusia mengalami pertumbuhan dan perkembangan sepanjang hidup, dari masa dalam kandungan hingga akhir hayat, melalui tahap-tahap perkembangan yang berkelanjutan Ref. [3]. Proses penciptaan alam semesta oleh Tuhan juga terjadi secara bertahap dan bertingkat, sama seperti proses pendidikan yang membentuk karakter manusia sesuai aturan norma. Oleh karena itu, pemerintah menganggap pendidikan hal penting agar terciptanya generasi penerus bangsa yang berkualitas dan mampu beradaptasi dengan kehidupan sosial, bangsa, dan negara khususnya di Indonesia. Pendidikan dipandang sebagai upaya sadar untuk mempersiapkan masa depan para peserta didik melalui bimbingan, pengajaran, dan pelatihan. Selain itu, konsep pendidikan juga meliputi berbagai aktivitas dan fenomena yang lebih luas, mulai dari proses belajar mengajar serta proses interaksi dalam pembelajaran Ref. [4].

Sistem pembelajaran melibatkan berbagai elemen seperti pendidik, bahan ajar, peserta didik, media pembelajaran, sumber belajar, dan metode pembelajaran. Ini adalah suatu proses yang kompleks dan saling terkait untuk mencapai tujuan

pendidikan Ref.[5]. Kesuksesan dalam pembelajaran sangat bergantung pada kemampuan untuk mengembangkan potensi peserta didik sehingga mereka memperoleh manfaat melalui perkembangan diri mereka. Oleh karena itu, sebagai pengajar, tanggung jawab untuk mencapai kesuksesan pembelajaran berada pada dirinya. Dalam hal ini, seorang pengajar mengusahakan semaksimal mungkin pengaturan proses pembelajaran untuk mencapai seluruh komponen, seperti bahan ajar, pendidik, peserta didik, sumber belajar, media pembelajaran, dan metode pembelajaran, dapat berinteraksi secara efektif Ref.[6]. Kesuksesan proses pembelajaran bergantung pada beberapa faktor yang mempengaruhinya. Beberapa faktor tersebut mencakup tujuan, peserta didik, pendidik, metode, media pembelajaran (termasuk fasilitas dan infrastruktur) dan evaluasi. Semua faktor tersebut saling berkaitan sehingga perlu ditata dengan baik agar tujuan pembelajaran dapat tercapai khususnya pada jenjang perguruan tinggi Ref. [7].

Setiap tenaga kependidikan pada perguruan tinggi harus terus meningkatkan kemampuan dalam mengembangkan perangkat pembelajaran Ref. [8]. Keterampilan pengembangan perangkat pembelajaran menjadi suatu kemampuan yang harus ditingkatkan oleh para dosen. Jika dosen tidak memiliki kemampuan mengembangkan perangkat pembelajaran yang bervariasi, menyebabkan proses pembelajaran terkesan cenderung monoton dan membosankan bagi peserta didik. Pengembangan perangkat pembelajaran dapat menghasilkan berbagai jenis produk termasuk perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang tidak dapat dilihat secara fisik Ref. [9]. Produk yang dihasilkan dalam dunia pendidikan dapat berupa perangkat pembelajaran atau model pembelajaran multimedia sesuai kebutuhan pembelajaran. Pembelajaran saat ini telah memasuki perkembangan yang sangat pesat seiring dengan era industri 4.0 yang memungkinkan pekerjaan

dilakukan menggunakan mesin yang terkontrol secara otomatis (robot) sehingga harus dipadukan dalam pembelajaran saat ini karna kompetensi didalamnya sangat dibutuhkan saat ini Ref. [10].

Rekayasa sistem robotik merupakan pembelajaran baru pada kurikulum 2022 Ref. [11], pembelajaran ini merupakan pembelajaran yang tergabung dalam salah satu konsentrasi Mekatronika. Rekayasa Sistem Robotik merupakan suatu pembelajaran yang berperan penting pada Jurusan Pendidikan Teknik Elektro pembelajarannya mempelajari bagian ilmu sistem kontrol robotika dan alat elektro yang sekarang banyak digunakan di industri-industri Ref. [12]. Mikrokontroler memainkan peran penting dalam rekayasa sistem robotika. Mikrokontroler adalah chip kecil yang menggabungkan unit pemrosesan pusat (CPU), perangkat input/output (I/O) dan memori termuat dalam satu chip. Dalam konteks rekayasa sistem robotika, mikrokontroler digunakan untuk mengontrol dan mengkoordinasikan berbagai komponen robotik, termasuk sensor, aktuator, dan sistem penggerak, sehingga dibutuhkan bahan ajar yang sesuai dengan kebutuhan peserta didik Ref. [13].

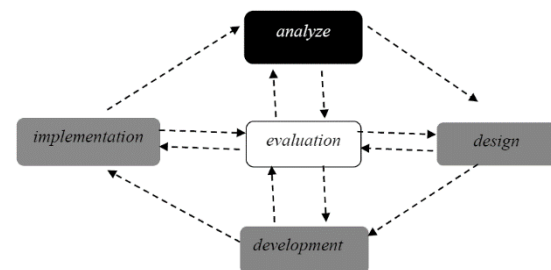
Bahan ajar secara umum adalah semua materi yang disusun secara teratur untuk memperlihatkan keseluruhan dari kompetensi ingin dicapai oleh peserta didik dan digunakan pada proses pembelajaran yang bertujuan sebagai perencanaan dan evaluasi pembelajaran Ref. [14]. Namun, menurut beberapa ahli, definisi bahan ajar dapat berbeda-beda Ref. [15], bahan ajar merujuk pada seperangkat sarana pembelajaran didalamnya terdapat materi pembelajaran, batasan - batasan metode, serta tata cara evaluasi perlu dirancang secara teratur dan menarik agar dapat tercapainya tujuan pembelajaran yang diinginkan yakni untuk memperoleh kemampuan atau keterampilan secara komprehensif Ref. [16]. Bahan ajar ini dapat berupa materi pembelajaran yang tersusun dengan sistematis dan lengkap untuk menciptakan lingkungan belajar yang menyenangkan serta mempermudah peserta didik untuk memahami informasi dari materi yang disampaikan. Penting bagi peserta didik untuk menguasai dan memahami bahan ajar, karena hal tersebut membantu dalam mencapai tujuan pembelajaran.

Berdasarkan hasil observasi awal pada pembelajaran rekayasa sistem robotik di Jurusan

Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar (FT-UNM) ditemukan kendala dalam proses pembelajaran berupa belum optimalnya pedoman bahan ajar yang tersaji oleh dosen sehingga peneliti melaksanakan penelitian di lokasi tersebut agar perangkat pembelajaran yang dikembangkan mampu menjadi bahan pertimbangan sebagai acuan dalam pelaksanaan pembelajaran rekayasa sistem robotik beberapa tahun mendatang Ref. [17]. Perangkat pembelajaran yang dimaksud adalah kontrak kuliah, silabus, rencana pembelajaran semester (RPS), dan buku ajar guna memfasilitasi kegiatan pembelajaran yang menarik, efektif dan efisien.

### METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode pengembangan *Research and Development (R&D)*. Metode R&D bertujuan menghasilkan produk tertentu dan mengevaluasi efektivitas suatu produk Ref. [18]. Model pengembangan yang digunakan berupa model *ADDIE*, yang terdiri atas lima langkah, yakni (1) analisis (*analyze*), (2) perancangan (*design*), (3) pengembangan (*development*), (4) implementasi (*implementation*), dan (5) evaluasi (*evaluation*) Ref. [19].



**Gambar 1.** Model Pengembangan

Produk perangkat pembelajaran berupa kontrak kuliah, buku ajar, silabus dan rencana pembelajaran semester perlu dilakukan pengujian kualitas dan kelayakan. Uji produk ini terdiri dari tahap validasi dan evaluasi dimana pada tahapan ini produk terlebih dahulu dikonsultasikan kepada dosen pembimbing dan ahli/pakar serta kepada beberapa mahasiswa

Pada tahap awal peneliti akan berkonsultasi dengan dosen penanggung jawab matakuliah mengenai produk buku ajar yang direncanakan dan akan disusun untuk peningkatan kualitas produk buku ajar. sebelum dilakukan validasi oleh ahli/pakar. Kemudian, peneliti akan mengumpulkan tanggapan dari sekelompok mahasiswa untuk

mengetahui respon terkait hasil produk berupa buku ajar. Selanjutnya, ahli/pakar akan melakukan validasi terhadap produk buku untuk mengevaluasi beberapa aspek seperti materi, penyajian, bahasa, tampilan dan gambar buku ajar. Subjek uji coba adalah ahli materi dan ahli media (desain) serta hasil responden mahasiswa di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro FT-UNM. Dua ahli ini akan memberikan tanggapan dan masukan terhadap buku ajar pembelajaran rekayasa sistem robotik dengan melengkapi isian lembar komentar penilaian serta saran atau respon dari mahasiswa pada pembelajaran rekayasa sistem robotik.

**Tabel 1.** Instrument Penelitian

No.	Aspek Penilaian	Indikator	Butir
1	Penyajian materi	Relevansi materi buku	1, 2, 3, 4
		Bahasa yang digunakan dalam penyampaian materi	5, 6, 7, 8, 9
		Soal-soal latihan atau tugas	10, 11
Media/Tampilan		Sampul	1, 2,
		Kalimat Teks	3, 4
		Ilustrasi dan Gambar	5, 6, 7, 8, 9
		Penyajian	10, 11, 12
Manfaat		Kegiatan belajar mengajar	1, 2, 3, 4
		Ketertarikan pada buku	5, 6

**Tabel 2.** Instrument Penelitian

No	Yang Divalidasi
1	a. Petunjuk penilaian bahan ajar dinyatakan dengan jelas
	b. Kriteria dinyatakan dengan jelas
2	a. Indikator dinyatakan dengan jelas
	b. Butir pernyataan sesuai indicator
3	a. Menggunakan bahasa Indonesia baku
	b. Bahasa yang digunakan mudah dipahami
	c. Bahasa tidak bermakna ganda

Rumus data per item

$$P = \frac{X}{X_1} \times 100\%$$

Keterangan:

$P$  = persentase

$X$  = jawaban responden dalam 1 item

$X_1$  = jumlah skor ideal dalam 1 item

100% = konstanta

Rumus untuk mengolah data secara keseluruhan item

$$P = \frac{\sum X}{\sum X_1} \times 100\%$$

Keterangan:

$P$  = persentase

$\sum x$  = jumlah keseluruhan jawaban responden

$\sum x_1$  = jumlah keseluruhan nilai ideal dalam satu item

100% = konstanta

Untuk menentukan kriteria dilakukan dengan cara di bawah ini:

**Tabel 3.** Kriteria Penilaian

Kategori	Skor Persentase (%)	Interprestasi	Ekuivalen
A (4)	80% - 100%	Sangat Baik	Layak
B (3)	60% - 79%	Baik	Cukup layak
C (2)	50% - 59%	Cukup Baik	Kurang layak
D (1)	0% - 49%	Kurang Baik	Tidak layak

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Tahap Analisis (*Analyze*)

Pada hasil observasi dan wawancara kepada dosen penanggung jawab, pokok bahasan materi buku ajar yang akan di buat harus disesuaikan dengan perkembangan dunia pendidikan dan juga kemampuan peserta didik dalam memahami kontrak kuliah, buku ajar, silabus dan rencana pembelajaran semester yang akan di buat, pengemasan materi ajar menarik hal ini bertujuan agar peserta didik lebih semangat pada proses pembelajaran serta memahami materi ajar yang di berikan.

Permasalahan diatas salah satu produk yang dapat mengatasi permasalahan yang ada adalah sebuah perangkat pembelajaran berupa buku ajar yang dapat membantu mahasiswa memperjelas materi pembelajaran dan memudahkan mahasiswa memahami materi pembelajaran. Capaian Pembelajaran (CP) ini merupakan hasil belajar yang

diharapkan dapat dikuasai mahasiswa setelah menyelesaikan kegiatan pembelajaran.

**B. Tahap Perancangan (Design)**

Penyajian kontrak kuliah, silabus, rencana pembelajaran semester, dan buku ajar. Pada buku ajar ini disusun sedemikian rupa secara sistematis yang terdiri dari halaman judul, halaman sampul dalam, kata pengantar, daftar isi, daftar bab (berisi tujuan pembelajaran, tes formatif, rangkuman, uraian materi, dan tugas), daftar Pustaka, kunci jawaban dan glosarium

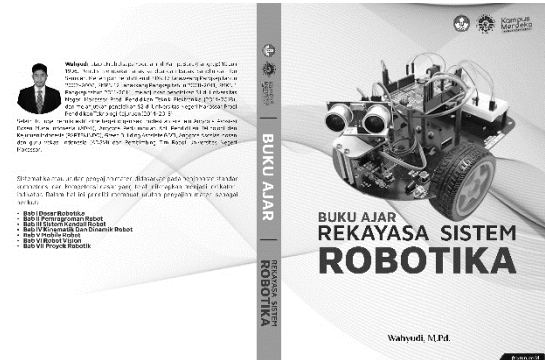
Sistematika atau urutan penyajian materi didasarkan penjabaran standar kompetensi dan kompetensi dasar yang ditetapkan menjadi suatu indikator. Dalam hal ini peneliti membuat urutan penyajian materi sebagai berikut:

- 1) Bab I Dasar Robotika
- 2) Bab II Pemrograman Robot
- 3) Bab III Sistem Kendali Robot
- 4) Bab IV Kinematik dan Dinamik Robot
- 5) Bab V *Mobile Robot*
- 6) Bab VI *Vision Robot*
- 7) Bab VII Proyek Robotik

Bab yang disajikan dalam buku ini sebanyak 7 BAB berdasarkan hasil diskusi yang telah dilakukan kepada dosen (dosen ahli materi, pembimbing, dan penguji) mengenai isi materi yang akan di cantumkan dalam buku ajar.

**C. Tahap Pengembangan (Development)**

Pengembangan dalam menyusun kontrak kuliah, silabus, rencana pembelajaran semester, dan buku ajar, peneliti melakukan pengkajian materi dengan mengumpulkan referensi dan gambar yang relevan. Referensi yang digunakan mencakup sembilan belas buku referensi. Selain itu, gambar-gambar yang terkait dengan materi juga dikumpulkan dari berbagai sumber seperti dokumen pribadi dan internet. Gambar-gambar ini berguna dalam memahami materi dan juga dapat menarik perhatian pembaca. Setelah materi dan gambar terkumpul, peneliti melakukan tahap pengembangan dengan berdiskusi dan berkonsultasi dengan dosen pembimbing. Penilaian materi dilakukan per bab dan dosen pembimbing menyetujui materi setiap bab sebelum dilanjutkan ke bab selanjutnya hingga selesai.



Gambar 2. Sampul Buku

**D. Tahap Implementasi (Implementation).**

Penerapan hasil pengembangan dilakukan dalam pembelajaran untuk mengevaluasi efektivitas, kemenarikan, dan efisiensi pembelajaran yang telah dilakukan. Namun, pada penelitian ini tidak dilakukan tahap implementasi sepenuhnya karena penelitian hanya mencapai tahap evaluasi formatif, yaitu melakukan perbaikan pada produk pengembangan.

Tabel 4. Hasil Penilaian Materi

No.	Aspek Penilaian	Skor	
		X	Xi
<b>1. Kelayakan Isi</b>			
	Kesesuaian pada Standar Kompetensi, Kompetensi Dasar, dan indikator	4	4
	Kesesuaian isi materi dan standar kompetensi yang mengacu pada silabus	4	4
	Kesesuaian isi materi dan kompetensi dasar dengan mengacu pada silabus	4	4
	Materi lengkap	3	4
	Cakupan materi yang luas	3	4
	Terdapat tingkat kedalaman materi	3	4
	Materi pembelajaran terkemas ke dalam unit-unit kecil/spesifik untuk memudahkan belajar secara tuntas	4	4
	Keakuratan konsep serta definisi.	3	4
	Keakuratan prinsip.	3	4
	Terdapat contoh dan gambar sebagai pendukung pemaparan materi pembelajaran.	4	4
	Terdapat contoh yang cukup	3	4
	Gambar, dan tabel akurat dan aktual	4	4
	Materi yang disajikan mampu mendorong mahasiswa untuk mencari informasi lebih jauh	4	4

Materi yang disajikan sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan	4	4
Pengemasan materi mempermudah mahasiswa belajar	3	4
<b>2. Kelayakan Penyajian</b>		
Konsistensi sistematika sajian dalam bab	4	4
Konsistensi penggunaan istilah	4	4
Konsistensi gambar dan table yang digunakan	4	4
Memuat seluruh materi dalam satu unit perangkat pembelajaran	4	4
Soal latihan pada setiap akhir kegiatan pembelajaran	3	4
Beberapa soal latihan evaluasi mendorong siswa untuk mandiri	3	4
Beberapa soal latihan relevan dengan materi yang disajikan	4	4
Perangkat pembelajaran dapat dipelajari tanpa adanya komputer	4	4
Perangkat pembelajaran dapat dipelajari tanpa adanya media cetak lain	4	4
Perangkat pembelajaran dapat dipelajari tanpa adanya media audio dan video	4	4
Memiliki banyak referensi dari buku	3	4
Referensi tambahan dari internet	3	4
Tabel yang digunakan dapat membantu memperjelas materi	3	4
Gambar yang digunakan memperjelas materi	4	4
Bagian pendahuluan	4	4
Bagian Isi	4	4
Bagian Penutup	3	4
<b>3. Penilaian Bahasa</b>		
Bahasa yang digunakan lugas	4	4
Struktur kalimat yang digunakan tepat	4	4
Kalimat yang digunakan efektif	4	4
Menggunakan istilah baku	4	4
Keterbacaan pesan materi yang disampaikan	4	4
Menggunakan istilah yang mudah dipahami dan bersifat umum	4	4
Materi yang disajikan sesuai dengan perkembangan emosional peserta didik	4	4
<b>Jumlah</b>	<b>143</b>	<b>156</b>

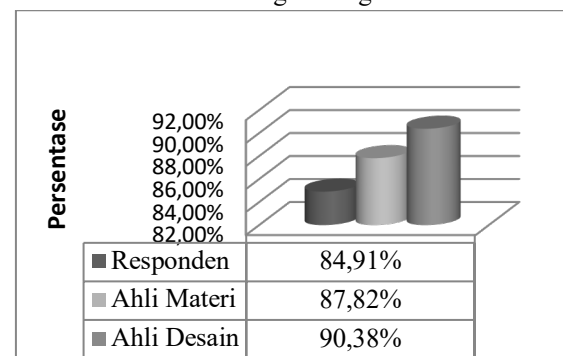
Rumus Persentasi validasi ahli materi, yaitu

$$P = \frac{\sum X}{\sum X_1} \times 100\%$$

$$P = \frac{143}{156} \times 100\%$$

$$P = 91.66\%$$

Berdasarkan pada tabel 4 yang tertera hasil penilaian ahli materi, terdapat 3 aspek penilaian yaitu aspek kelayakan isi, kelayakan penyajian, dan kelayakan bahasa. Hasil penilaian oleh ahli materi pada aspek kelayakan isi setiap pernyataan memperoleh skor 3 dan 4 artinya terdapat kelayakan isi buku tersebut dan dinilai pada kategori baik. Penilaian pada aspek kelayakan penyajian pernyataan hasilnya memperoleh skor 4 dan 3 artinya aspek penyajian buku tersebut termasuk dalam kategori baik. Penilaian pada aspek kelayakan bahasa, setiap pernyataan mendapatkan skor 3 dan 4 artinya kelayakan isi buku tersebut terkategori baik. Sehingga total penilaian aspek memperoleh total perhitungan sebesar 91.66%, yang artinya tingkat keberhasilan dalam kategori sangat baik.



Gambar 3. Grafik Hasil Responden

#### E. Tahap Evaluasi (*evaluation*)

Pada penilaian pengembangan produk, terdapat dua jenis evaluasi yaitu evaluasi formatif dan evaluasi sumatif. Evaluasi formatif digunakan untuk memperoleh data pada setiap tahapannya agar mencapai produk yang sempurna. Pada akhir program dilakukan evaluasi sumatif untuk mengetahui pengaruh hasil belajar peserta didik termasuk keseluruhan kualitas pembelajaran. Evaluasi penelitian ini hanya berupa evaluasi formatif, karena fokus penelitian lebih kepada tahapan pengembangan produk untuk penyempurnaan yang dihasilkan.

Hasil akhir dalam penelitian ini, hasil pengembangan terdiri dari sebuah perangkat pembelajaran yang mencakup merancang buku ajar, silabus, kontrak perkuliahan dan rencana pembelajaran semester (RPS) untuk satu semester. Buku ajar ini berisi materi tentang rekayasa sistem robotika dan dapat digunakan sebagai referensi bagi pengajar yang ingin terjun langsung ke lapangan. Struktur buku ajar ini mencakup sampul, kata pengantar, materi, daftar pustaka, dan kunci jawaban

tes formatif. Materi dalam buku ajar terdiri dari 7 bab yaitu 1) dasar robotika, 2) pemrograman robot, 3) sistem kendali robot, 4) kinematik dan dinamik robot, 5) *mobile* robot, 6) *vision* robot, 7) proyek robotik. Tiap bab didalamnya memuat tujuan pembelajaran, rangkuman, uraian materi, tes, tugas, formatif, dan terdapat beberapa tutorial yang sesuai dengan materi buku, terdapat kunci jawaban tes formatif pada akhir BAB, pada bagaian sampul dan bagaian isi terdapat daya tarik buku ajar yang dikembangkan. Setiap pergantian bab, dijumpai halaman bab yang memuat gambar ilustrasi materi yang akan dipelajari ini bertujuan sebagai daya tarik.

Pengembangan perangkat pembelajaran sistem robotika telah menjadi topik penelitian yang signifikan. Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan untuk mengembangkan perangkat pembelajaran yang efektif dan inovatif dalam konteks sistem robotika. Beberapa area penelitian yang terkait termasuk didalamnya adalah pengembangan materi pembelajaran, penelitian ini berfokus pada pengembangan materi pembelajaran yang komprehensif dan terstruktur untuk membantu mahasiswa memahami konsep dasar dan kompleks dalam sistem robotika. Ini mungkin meliputi buku teks, panduan, presentasi, atau materi online yang dapat diakses. Penggunaan teknologi interaktif: beberapa penelitian mengintegrasikan teknologi interaktif, seperti simulasi, *virtual reality*, atau *augmented reality*, dalam perangkat pembelajaran sistem robotika. Tujuannya adalah memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif, mendalam, dan mendukung pemahaman konsep secara visual.

Pengembangan perangkat pembelajaran sistem robotika sejalan dengan penelitian sebelumnya dengan memperhatikan aspek kemajuan teknologi dan perkembangan dalam bidang robotika. Penelitian terbaru mungkin telah menggali lebih dalam pada aspek-aspek tersebut dan mencoba pendekatan-pendekatan baru untuk meningkatkan pembelajaran sistem robotika untuk mencari literatur dan publikasi terbaru untuk memperoleh informasi yang lebih *up-to-date* tentang penelitian terkini dalam pengembangan perangkat pembelajaran sistem robotika.

## KESIMPULAN

Penilaian oleh dua ahli menunjukkan bahwa produk bahan ajar rekayasa sistem robotika telah dianggap valid atau layak untuk digunakan, hasil

persentase ahli materi sebesar 91,66%, meskipun ahli materi memberikan saran untuk memperbanyak referensi tentang materi spesifik seperti sistem kendali, mobile robot dan robot vision. Ahli desain memberikan persentase sebesar 90,38% dan produk bahan ajar rekayasa sistem robotika dianggap praktis dalam penggunaannya.

Produk bahan ajar rekayasa sistem robotika menunjukkan penilaian ahli materi terhadap produk bahan ajar rekayasa sistem robotika terdiri dari tiga aspek penilaian memuat kelayakan penyajian, kelayakan isi, dan kelayakan bahasa. Pada aspek kelayakan isi, setiap pernyataan memperoleh skor 3 dan 4, yang berarti isi buku tersebut dinilai baik. Pada aspek kelayakan penyajian memperoleh skor 4 dan 3, yang berarti penyajian buku tersebut dinilai baik. Pada aspek kelayakan bahasa, setiap pernyataan memperoleh skor 3 dan 4 sehingga total perolehan skor menandakan buku tersebut dinilai baik dari segi bahasa. Dari ketiga aspek tersebut, memperoleh hasil penilaian sebesar 91,66%, yang menunjukkan bahwa produk bahan ajar rekayasa sistem robotika berhasil dinilai sangat baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Q. Sandi, "Kepemimpinan Visioner Dalam Pendidikan Di Era Revolusi Industri 4.0," 2020.
- [2] L. A. Abdillah *et al.*, *Aplikasi Teknologi Informasi: Konsep dan Penerapan*. Yayasan Kita Menulis, 2020.
- [3] P. S. Rahmat, *Perkembangan peserta didik*. Bumi Aksara, 2021.
- [4] A. D. Hastutiningsih, S. Sugiyono, S. Suyanto, and U. B. Wibowo, "Strategi Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Menghadapi Revolusi Industri 4.0: Studi Kasus di DIY," *J. Pendidik. Tek. Sipil*, vol. 4, no. 1, pp. 38–45, 2022.
- [5] R. Sumiharsono and H. Hasanah, *Media pembelajaran: buku bacaan wajib dosen, guru dan calon pendidik*. Pustaka Abadi, 2017.
- [6] M. F. Fauzi, S. Sumarna, and D. Indriyani, "Pengembangan Media Pembelajaran Infografis Untuk Meningkatkan Pemahaman Belajar Mata Pelajaran PPKn,"

- 
- J. Pendidik. Polit. Huk. Dan Kewarganegaraan*, vol. 12, no. 2, pp. 78–93, 2022.
- [7] W. T. Sumar and I. A. Razak, *Strategi pembelajaran dalam implementasi kurikulum berbasis soft skill*. Deepublish, 2016.
- [8] S. Saliman, S. Supardi, and R. G. Rosardi, “Pemahaman Mahasiswa Peserta Pengajaran Mikro Terhadap Kurikulum 2013,” *JIPSINDO (Jurnal Pendidik. Ilmu Pengetah. Sos. Indones.*, vol. 4, no. 1, pp. 58–77, 2017.
- [9] B. R. Setiadi, S. Sugiyono, and T. Sukardi, “Vocational High School Readiness in Anticipating 21st Century Environmental Turbulence,” 2021.
- [10] D. Kristanti and S. Julia, “Pengembangan Perangkat Pembelajaran Matematika Model 4-D untuk Kelas Inklusi sebagai Upaya Meningkatkan Minat Belajar Siswa,” *MAJU J. Ilm. Pendidik. Mat.*, vol. 4, no. 1, 2018.
- [11] R. B. Guna and R. Risfendra, “Penerapan Modul Pengendali Sistem Robotik Berbasis STEM di Sekolah Menengah Kejuruan,” *J. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 2, pp. 57–65, 2022.
- [12] P. Yuliatmojo, “Pengembangan Modul Pembelajaran Robot Nao Sebagai Media Pembelajaran Robot Humanoid Pada Pembelajaran Robotika Di Universitas Negeri Jakarta,” *J. Pendidik. VOKASIONAL Tek. Elektron.*, vol. 3, no. 1, pp. 13–20, 2020.
- [13] A. Savitri, *Revolusi industri 4.0: mengubah tantangan menjadi peluang di era disrupsi 4.0*. Penerbit Genesis, 2019.
- [14] R. A. Purba *et al.*, *Pengantar media pembelajaran*. Yayasan Kita Menulis, 2020.
- [15] F. Farida, Y. Khoirunnisa, and R. W. Y. Putra, “Pengembangan bahan ajar gamifikasi pada materi bangun ruang sisi lengkung,” *JPPM (Jurnal Penelit. dan Pembelajaran Mat.*, vol. 11, no. 2, 2018.
- [16] N. Farida and N. Suryadinata, “Pengembangan Bahan Ajar Pembelajaran Aljabar Linear Berbasis Open Ended,” *AKSIOMA J. Progr. Stud. Pendidik. Mat.*, vol. 5, no. 2, pp. 145–151, 2017.
- [17] S. Sirmayanti, S. Amelia, N. Afifah, and I. Abduh, “Rekayasa Sistem Kendali Gripper melalui Robot Transporter menggunakan WiFi Module ESP8266,” *InComTech J. Telekomun. dan Komput.*, vol. 11, no. 1, pp. 51–64, 2021.
- [18] P. D. Sugiyono, “Metode penelitian bisnis: pendekatan kuantitatif, kualitatif, kombinasi, dan R&D,” *Penerbit CV. Alf. Bandung*, vol. 225, 2017.
- [19] B. A. Pribadi, *Desain dan pengembangan program pelatihan berbasis kompetensi implementasi model ADDIE*. Kencana, 2016.
-