

Pengembangan sumber belajar mekatronika dan robotika untuk menyiapkan kompetensi pemrograman otomasi industri

Marsono^{*1}, Agus Suyetno², Fajar Purnomo Aji³, Fitria Khasanah⁴

^{1,2,3}Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No,5 Malang

⁴Universitas Wisnuwardhana Malang, Jl. Danau Sentani Raya No.99 Malang

* Corresponding Author. Email: marsono.ft@um.ac.id

Received: 25 June 2024; Revised: 29 June 2024; Accepted: 30 June 2024

Abstrak: Robotika merupakan perkembangan teknologi revolusi industri 4.0, dimana semua data dan pekerjaan telah terintegrasi dengan sistem digitalisasi dan otomatisasi menggunakan perangkat robotik. Matakuliah Mekatronika dan Robotika bertujuan untuk menyiapkan kompetensi dalam menghadapi revolusi industri 4.0. Sehingga dibutuhkan bahan ajar untuk mempelajari ilmu serta kompetensi tentang robotika. Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan sumber belajar Mekatronika dan Robotika yang layak dan mendapat respon baik dari pengguna. Metode yang digunakan adalah R & D dengan model pengembangan Borg&Gall yang telah dimodifikasi menjadi 7 tahapan, yaitu: (1) Studi pendahuluan; (2) Desain produk; (3) Uji coba kecil; (4) Revisi; (5) Uji coba Besar; (6) Revisi; dan (7) Produk Akhir. Penelitian dilakukan di Jurusan Teknik Mesin dengan responden mahasiswa yang mengikuti matakuliah Mekatronika dan Robotika. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini dari validasi media, validasi materi, uji coba kecil dan uji coba besar disimpulkan bahwa bahan ajar yang dikembangkan sangat layak dan dapat digunakan dalam proses pembelajaran Matakuliah Mekatronika dan Robotika. Selain itu memberikan dampak peningkatan kompetensi pemograman otomasi industri bagi mahasiswa.

Kata kunci: mekatronika; otomasi industri; robotika; sumber belajar

Developing Mechatronics and Robotics Learning Resources in Preparing Industrial Automation Programming Competencies

Abstract: Robotics is a technological development of the Industrial Revolution 4.0, where all data and work are integrated with digitization and automation systems using robotic devices. The Mechatronics and Robotics course aims to prepare competencies in facing the Industrial Revolution 4.0. Therefore, learning materials are needed to study the knowledge and competencies about robotics. The purpose of this research is to develop learning resources for Mechatronics and Robotics that are feasible and receive good responses from users. The method used is R&D with the Borg & Gall development model that has been modified into 7 stages, namely: (1) Preliminary study; (2) Product design; (3) Small-scale trial; (4) Revision; (5) Large-scale trial; (6) Revision; and (7) Final product. The research was conducted in the Mechanical Engineering Department with respondents being students taking the Mechatronics and Robotics course. The results obtained from this research from media validation, material validation, small-scale trials, and large-scale trials concluded that the developed learning materials are highly feasible and can be used in the learning process of the Mechatronics and Robotics course. Additionally, it has a positive impact on increasing industrial automation programming competencies for students.

Keywords: mechatronics, industry automation, robotics, learning resources



How to Cite: Marsono., Suyetno, A., Aji, F.P., & Khasanah, F. (2024). Pengembangan sumber belajar mekatronika dan robotika untuk menyiapkan kompetensi pemrograman otomasi industri. *Jurnal Taman Vokasi*, 12(1), 1-13. doi:<http://dx.doi.org/10.30738/jtv.v12i1.17600>

PENDAHULUAN

Peradaban dunia telah memasuki perkembangan revolusi industri 4.0, dimana berbagai macam teknologi diciptakan dan menjadi kebutuhan dalam kehidupan manusia. Revolusi industri 4.0 merupakan perkembangan di dunia perindustrian, dimana semua bentuk data dan pekerjaan dilakukan dengan sistem digital. Pada revolusi industri 4.0 semua mesin yang digunakan dalam dunia industri, telah terintegrasi ke dalam jaringan komunikasi sehingga para operator harus memiliki kemampuan

untuk memprogram dan mengolah segala informasi yang ada sehingga proses produksi yang dilakukan oleh suatu industri bisa lebih efektif dan efisien (Crnjac, dkk., 2017). Dalam mempersiapkan sektor pendidikan untuk secara efektif menghadapi tantangan yang dihadirkan oleh Revolusi Industri Keempat (IR4.0), sangat penting untuk menyesuaikan dan mengembangkan model dan metode pembelajaran yang ada. Integrasi elemen IR4.0 ke dalam program Pendidikan dan Pelatihan Teknik dan Vokasional (TVET) sangat penting untuk memastikan bahwa siswa dilengkapi dengan pengetahuan dan keterampilan yang diperlukan untuk memenuhi persyaratan IR4.0 (Ngatiman, 2023). Adaptasi ini penting bagi siswa untuk dapat berkontribusi secara bermakna pada pembangunan nasional dengan menyelaraskan kompetensi mereka dengan tuntutan lanskap industri yang terus berkembang. Selain itu, dampak IR4.0 terhadap pilihan karier, terutama di sektor STEM, menekankan perlunya penelitian komprehensif untuk memahami implikasinya terhadap aspirasi generasi muda (Subasman, 2023).

Pendidikan vokasional memainkan peran penting dalam mempersiapkan lulusan untuk tuntutan tenaga kerja modern, menekankan pentingnya menyelaraskan program pendidikan dengan kebutuhan industri (Adhikari, 2023). Dengan memastikan bahwa kurikulum pendidikan responsif terhadap tren saat ini dan permintaan pasar, institusi dapat meningkatkan kemampuan kerja lulusan dan memfasilitasi transisi yang lebih lancar ke dunia profesional. Selain itu, integrasi keterampilan praktis ke dalam pendidikan, terutama di bidang seperti transportasi, sangat penting untuk menjembatani kesenjangan antara pembelajaran akademis dan harapan industri (Yando, 2024). Pendekatan ini melibatkan revisi kurikulum, memperkuat kemitraan industri, dan mempromosikan pembelajaran sepanjang hayat untuk membekali siswa dengan keterampilan yang diperlukan untuk sukses di bidang mereka masing-masing.

Untuk membuka potensi penuh pendidikan di era Industri 4.0, negara-negara seperti Nigeria harus berinvestasi dalam infrastruktur, pelatihan guru, pengembangan kurikulum, penelitian, dan inklusivitas (Adeoye, 2023). Dengan menangani area kunci ini, Nigeria dapat merangkul transformasi digital, meningkatkan sistem pendidikannya, dan mempersiapkan tenaga kerjanya di masa depan untuk menghadapi tantangan dan peluang yang dihadirkan oleh era digital. Demikian pula, di Indonesia, analisis peran pendidikan vokasional dalam pengembangan pariwisata halal menyoroti pentingnya membekali lulusan dengan beragam keterampilan, pengalaman kerja, dan kemampuan kewirausahaan (Pratama, 2023). Pendekatan multifaset ini memastikan bahwa lulusan tidak hanya mahir secara teknis tetapi juga memiliki keterampilan lunak yang diperlukan untuk sukses di pasar kerja yang terus berkembang.

Konvergensi pengajaran cerdas, robotika, dan Internet of Things (IoT) dalam pendidikan pintar merupakan bukti langkah proaktif yang diambil oleh pemerintah seperti Malaysia untuk menyelaraskan dengan Industri 4.0 dan Pendidikan 4.0 (Adel, 2024). Dengan mengakui pentingnya kemajuan teknologi dan mempersiapkan sistem pendidikan untuk merangkul perubahan ini, negara-negara dapat tetap berada di depan kurva dan memastikan bahwa tenaga kerja mereka tetap kompetitif dalam lanskap yang terus berkembang. Selain itu, evaluasi dampak pendidikan teknik presisi terhadap standar industri menyoroti pentingnya inisiatif kolaboratif seperti magang dan proyek penelitian bersama dalam menjembatani kesenjangan antara akademisi dan industri (Adeleke, 2024). Inisiatif ini memfasilitasi pertukaran pengetahuan dan pengembangan keterampilan praktis, membina hubungan simbiosis antara institusi pendidikan dan industri.

Dalam konteks pendidikan vokasional, kompetensi guru sangat penting untuk memastikan bahwa siswa menerima instruksi berkualitas yang selaras dengan persyaratan Industri 4.0 (Jatmiko, 2023). Penilaian berbasis kompetensi memainkan peran penting dalam mengevaluasi dan meningkatkan keterampilan guru vokasional, yang pada akhirnya menguntungkan siswa dengan membekali mereka dengan pengetahuan dan kompetensi yang relevan. Selain itu, hubungan antara efektivitas metode pengajaran seperti kelas terbalik dan pembelajaran campuran dengan pencapaian akademik di kalangan siswa perguruan tinggi vokasional menyoroti pentingnya pendekatan pedagogis inovatif dalam memenuhi tujuan pendidikan dan tuntutan industri (Kexin, 2024). Dengan mengintegrasikan metode ini dalam kerangka Pendidikan Berbasis Hasil (OBE), institusi dapat meningkatkan responsivitas pendidikan vokasional terhadap kebutuhan pasar tenaga kerja.

Implementasi program pelatihan di tempat kerja untuk siswa yang mengambil jurusan akomodasi perhotelan memberikan wawasan berharga untuk meningkatkan relevansi dan kualitas pendidikan di masa depan (Salsabila, 2024). Dengan menjembatani kesenjangan antara pengetahuan

teoretis dan aplikasi praktis, program semacam itu membekali siswa dengan pengalaman langsung dan keterampilan khusus industri, meningkatkan kesiapan mereka untuk memasuki dunia kerja. Selain itu, analisis keterampilan yang dapat ditransfer di kalangan siswa vokasional untuk menyelaraskan dengan permintaan industri menekankan pentingnya proyek kolaboratif dan tugas kelompok dalam mengembangkan kemampuan kerja tim, komunikasi, dan pemecahan masalah siswa (Rahayu, 2024). Inisiatif ini tidak hanya meningkatkan kemampuan kerja siswa tetapi juga mempersiapkan mereka untuk menghadapi tantangan dinamis di tempat kerja modern.

Sebagai kesimpulan, saat sektor pendidikan bersiap untuk menghadapi tantangan Revolusi Industri Keempat, ia harus mengalami transformasi signifikan dalam model dan metode pembelajarannya. Dengan mengintegrasikan elemen IR4.0 ke dalam pendidikan vokasional, berinvestasi dalam infrastruktur dan pelatihan guru, mendorong kolaborasi industri, dan meningkatkan pengembangan keterampilan praktis, institusi pendidikan dapat memastikan bahwa siswa dipersiapkan dengan baik untuk memenuhi tuntutan era digital. Melalui upaya bersama untuk menyelaraskan kurikulum dengan kebutuhan industri, meningkatkan kompetensi guru, dan memanfaatkan metode pengajaran inovatif, sektor pendidikan dapat memainkan peran penting dalam membentuk tenaga kerja yang tangguh, adaptif, dan siap untuk sukses di era Industri 4.0.

Sebagai respon terhadap perkembangan era revolusi 4.0 tersebut, maka Jurusan Teknik Mesin harus mampu meningkatkan kompetensi dosen dan mahasiswa dalam menghadapi daya saing di tengah ketatnya persaingan industri global. Selain harus bersaing dalam revolusi industri 4.0, mahasiswa Jurusan Teknik Mesin juga dihadapkan dengan arus bebas pasar kerja atau Masyarakat Ekonomi ASEAN (MEA). Masyarakat ekonomi ASEAN merupakan integrasi ekonomi yang berlandaskan oleh empat karakteristik utama yaitu pasar tunggal dan basis produksi, kawasan perekonomian yang kompetitif, pembangunan ekonomi yang merata dan integrasi dengan perekonomian global. Robotika merupakan salah satu wujud dari perkembangan teknologi di era revolusi industri 4.0, dimana semua data dan pekerjaan telah terintegrasi dengan sistem digitalisasi dan otomatisasi menggunakan perangkat robotik. Menurut Petrescu, dkk. (2018), robot telah meningkatkan tingkat produktivitas suatu perusahaan karena robot bekerja secara berulang dan terus-menerus tanpa mengeluh akan tenaga dan besarnya gaji yang diberikan. Matakuliah Mekatronika dan Robotika merupakan salah satu jawaban untuk menyiapkan kompetensi mahasiswa Jurusan Teknik Mesin dalam menghadapi era revolusi industri 4.0. Setelah menempuh Matakuliah Robotika, mahasiswa diharapkan memiliki pengetahuan tentang sistem-sistem pemrograman yang digunakan di dunia industri dan memiliki pengetahuan tentang dasar-dasar robotika serta memiliki peluang untuk bersaing di dunia industri 4.0 terutama dalam menghadapi Masyarakat Ekonomi ASEAN (MEA).

Penggunaan sumber pembelajaran interaktif telah menjadi subjek yang menarik dalam penelitian pendidikan, dengan berbagai studi yang menyoroti dampak positif dari sumber daya tersebut terhadap hasil belajar siswa. Uno & Halim (2023) menekankan bahwa menggunakan multimedia interaktif dalam pengajaran Sains dapat menghasilkan hasil belajar yang lebih baik dibandingkan dengan sumber tradisional seperti buku teks dan penjelasan guru. Hal ini menegaskan efektivitas sumber daya interaktif dalam meningkatkan keterlibatan dan pemahaman siswa dalam mata pelajaran Sains.

Demikian pula, Lestari & Ofianto (2023) menemukan bahwa pengembangan kamus e-mnemonic sebagai sumber belajar untuk siswa Sejarah di sekolah menengah secara signifikan meningkatkan keterampilan siswa dalam membangun signifikansi peristiwa sejarah. Studi ini menunjukkan bagaimana sumber daya pembelajaran interaktif dapat meningkatkan kemampuan siswa untuk memahami pentingnya peristiwa sejarah, menunjukkan nilai alat interaktif dalam mendorong pemahaman yang lebih mendalam tentang subjek yang kompleks seperti Sejarah. Dalam ranah konsep teoritis, Inanna & Rahmatullah (2022) menyoroti pentingnya e-modul dalam meningkatkan pemahaman dan hasil belajar siswa. E-modul interaktif dirancang untuk meningkatkan pemahaman siswa tentang konsep teoritis, menunjukkan pengaruh positif sumber daya interaktif terhadap pembelajaran siswa dalam mata pelajaran teoritis.

Selain itu, penelitian oleh Alfarizi et al. (2022) berfokus pada peningkatan motivasi siswa dalam belajar Pendidikan Agama Islam melalui metode multimedia interaktif. Penelitian tersebut menekankan bahwa metode pembelajaran multimedia interaktif harus menciptakan rasa kesenangan bagi siswa, mendorong minat belajar dan motivasi untuk meningkatkan keterlibatan mereka dengan materi pelajaran. Selanjutnya, penelitian oleh Conceicao (2023) menekankan bahwa media interaktif,

yang menggabungkan berbagai elemen seperti teks, gambar, animasi, audio, grafik, dan video, dapat menciptakan pengalaman belajar yang menarik bagi siswa. Hal ini menyoroti pentingnya elemen multimedia dalam sumber daya interaktif untuk menyediakan lingkungan belajar yang komprehensif dan menstimulasi bagi siswa. Berikut ini beberapa jenis materi bahan ajar dan pengertiannya yang disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Materi Pembelajaran dalam Bahan Ajar

No	Jenis Materi	Pengertian
1	Fakta	Materi pembelajaran yang memaparkan informasi sesungguhnya berkaitan dengan nama, tempat, waktu, jumlah.
2	Konsep	Materi pembelajaran yang memaparkan tentang definisi, pengertian, klasifikasi, Identifikasi atau ciri-ciri.
3	Prinsip	Materi pembelajaran yang memaparkan berbagai hukum, dalil atau rumus-rumus.
4	Prosedur	Materi pembelajaran yang berkaitan dengan langkah-langkah, tahapan, urutan pekerjaan secara urut.

Modul merupakan seperangkat bahan ajar yang berisi materi, metode, dan cara evaluasi pada proses pembelajaran tertentu yang dirancang secara sistematis dan terarah untuk mencapai suatu tujuan belajar yang diharapkan dan dapat dipelajari secara mandiri oleh peserta didik. Menurut Sudjimat (2014), modul yang baik harus terdapat beberapa karakteristik yaitu: a. *Self Instruction*: Modul dapat digunakan untuk belajar secara mandiri sehingga tidak perlu tergantung terhadap pihak lain; b. *Self Contained*: Semua materi yang akan dipelajari termuat dalam modul sehingga peserta didik mendapatkan kesempatan untuk belajar secara utuh dan tuntas; c. *Stand Alone*: Modul tidak bergantung pada bahan ajar atau media lain dan tidak harus digunakan secara bersama-sama dengan bahan ajar atau media lain; d. *Adaptive*: Modul harus menyesuaikan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta luwes digunakan dalam kurun waktu tertentu; e. *User Friendly*: Modul memuat informasi atau materi yang mudah dipahami, sederhana dan menggunakan bahasa yang umum digunakan.

Aspek-aspek penilaian dalam pengembangan sumber belajar merupakan hal yang krusial dalam mengevaluasi efektivitas dan kualitas dari materi pembelajaran yang disediakan. Beberapa aspek penilaian yang penting meliputi aspek kognitif, afektif, dan psikomotorik dari peserta didik (Wisanti et al., 2020). Penilaian juga harus mencakup seluruh kompetensi yang mencakup aspek karakter dan pengetahuan (Dewi et al., 2021). Selain itu, penilaian autentik dapat digunakan untuk menilai hasil belajar dengan memperhatikan aspek sikap, pengetahuan, dan keterampilan (Waskito et al., 2021).

Dalam pengembangan sumber belajar, instrumen penilaian harus memperhatikan aspek kualitas, kuantitas, variasi, kemudahan akses, serta bentuk dan jenis sumber belajar yang tersedia (Sutama et al., 2021). Penilaian juga dapat melibatkan berbagai teknik seperti tes tertulis untuk aspek kognitif, tes praktik untuk aspek keterampilan, dan observasi untuk aspek afektif (Wisanti et al., 2020). Selain itu, penilaian juga dapat mencakup aspek formatif yang berfokus pada pengembangan kinerja serta aspek sumatif yang berfokus pada peningkatan karir (Rachmawati, 2021).

Pentingnya penilaian dalam pengembangan sumber belajar juga tercermin dalam penggunaan instrumen penilaian yang valid dan reliabel untuk mengakses respons mahasiswa terhadap materi pembelajaran (Subagia & Wiratma, 2016). Penilaian juga dapat melibatkan berbagai aspek seperti ranah penilaian, pelaku penilaian, jenis alat penilaian, bentuk tes, bentuk nontes, bentuk laporan hasil belajar, skala penilaian, waktu penilaian, dan teknik pengumpulan hasil belajar (Subagia & Wiratma, 2016).

Evaluasi modul pembelajaran merupakan proses penting dalam menilai efektivitas pembelajaran. Dalam konteks ini, evaluasi pembelajaran melibatkan beberapa aspek yang perlu diperhatikan. Menurut (Nursari et al., 2021), evaluasi pembelajaran meliputi aspek kognitif, afektif, dan psikomotorik. Sari & Ahsani (2021) menambahkan bahwa aspek evaluasi pembelajaran mencakup pengetahuan, keterampilan, dan sikap. Dalam konteks pembelajaran daring, Dinata (2021) menyoroti pentingnya evaluasi dari berbagai aspek untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran daring.

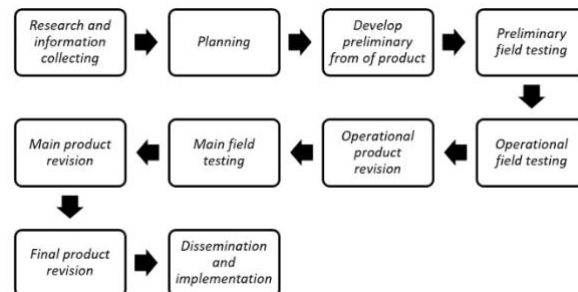
Pentingnya aspek evaluasi yang komprehensif juga disoroti oleh (Kenanga, 2023), yang menekankan bahwa evaluasi pembelajaran harus seimbang antara aspek kognitif, afektif, dan

psikomotorik. Selain itu, Mahardika (2023) menyoroti penggunaan teknologi informasi dan komunikasi dalam sistem evaluasi pembelajaran untuk membuatnya lebih praktis dan menarik bagi peserta didik. Dalam konteks pengembangan instrumen evaluasi, Kurniawati & Hadi (2021) menekankan pentingnya instrumen evaluasi berbasis *Higher Order Thinking Skills* (HOTS) untuk guru sekolah dasar. Hal ini menunjukkan bahwa aspek evaluasi pembelajaran juga berkaitan dengan tingkat pemikiran yang lebih tinggi.

Lebih lanjut dalam implementasi di dunia kerja, adanya revolusi industri mengubah cara hidup dan proses kerja yang dilakukan manusia secara fundamental, dimana pesatnya perkembangan teknologi dapat terintegrasi dengan kehidupan secara digital (Hamdan, 2018). Revolusi industri 4.0 merupakan perubahan sistem industrialisasi dari industri otomatis berbasis elektronik menjadi industri sistem digital. Revolusi industri 4.0 telah merubah cara kerja manusia dari sistem manual menjadi sistem otomatis dan kini telah di integrasi dengan sistem digital. Pada prinsipnya, revolusi industri 4.0 adalah interkoneksi, yaitu integrasi kemampuan manusia dengan kemampuan mesin melalui sistem digital. Pada era revolusi industri 4.0 semua mesin yang digunakan dalam dunia industri, telah terintegrasi ke dalam jaringan komunikasi sehingga para operator harus memiliki kemampuan untuk memprogram dan mengolah segala informasi yang ada sehingga proses produksi yang dilakukan oleh suatu industri bisa lebih efektif dan efisien (Crnjac, dkk., 2017).

METODE

Penelitian dan pengembangan dalam penelitian ini akan fokus pada pengembangan bahan ajar robotika di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang sehingga bahan ajar yang digunakan dalam proses pembelajaran lebih *up to date* dan sesuai dengan perkembangan di dunia industri. Dalam mengembangkan bahan ajar robotika, penelitian ini menggunakan model pengembangan Borg & Gall (1983). Langkah pengembangan model Borg & Gall ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Model Pengembangan Borg & Gall

Dalam mengembangkan produk bahan ajar berupa modul robotika, prosedur penelitian dan pengembangan yang dilakukan terbagi menjadi 7 tahapan utama yang mengadaptasi pada model pengembangan Borg & Gall. 7 tahapan tersebut adalah:

1. Studi Pendahuluan

Tahap ini bertujuan untuk melakukan kajian pustaka, literatur serta kebutuhan yang akan digunakan dalam proses penelitian dan pengembangan. Kajian pustaka atau literatur dilakukan pada silabus, RPP, standart kompetensi, tujuan pembelajaran serta bahan ajar yang relevan dengan produk yang akan dihasilkan. Pada studi pendahuluan juga dilakukan kajian terhadap buku, jurnal, artikel serta sumber-sumber informasi yang bisa digunakan untuk mengembangkan produk.

2. Desain Produk

Tahap desain produk merupakan kegiatan menyusun instrumen yang akan digunakan dalam membuat produk awal berupa modul yang meliputi materi pokok yang akan disajikan, strategi pembelajaran yang akan digunakan, jenis tugas yang akan diberikan, konsep penyampaian materi yang akan digunakan serta desain *layout* modul. Desain produk awal akan dilakukan validasi materi dan validasi media oleh dosen yang ahli dibidang robotika dan pengembangan modul bahan ajar.

3. Uji Coba Kecil

Produk awal yang telah di desain dan di validasi akan di uji coba skala kecil kepada 10 mahasiswa yang sedang menempuh Matakuliah Mekatronika dan Robotika untuk mendapatkan saran dan masukan tentang produk bahan ajar yang sedang dikembangkan. Menurut Suparman (2001), pemilihan mahasiswa dalam kelompok kecil harus representatif untuk mewakili sasaran yang sebenarnya.

4. Revisi

Hasil uji coba pada 10 mahasiswa akan digunakan sebagai acuan untuk memperbaiki modul yang telah di uji coba. Revisi dilakukan lebih terfokus pada proses pembelajaran pada desain produk awal yang kurang sesuai dengan kondisi mahasiswa serta lingkungan pembelajaran.

5. Uji Coba Besar

Produk yang telah diperbaiki akan di uji coba lapangan dengan skala yang lebih luas kepada 25 mahasiswa. Menurut Gay, dkk (2011), jumlah sampel pada penelitian yang bersifat deskriptif minimal 10% dari jumlah keseluruhan subjek penelitian dan 20% untuk subjek penelitian yang relatif kecil. Oleh karena itu, uji coba pada skala besar ini dilakukan pada 25 mahasiswa atau 33 % dari jumlah keseluruhan subjek penelitian yang berjumlah 75 mahasiswa untuk mendapatkan produk yang layak dan memiliki desain yang efektif, baik dari isi materi, strategi pembelajaran serta proses evaluasi yang digunakan.

6. Revisi

Revisi pada tahap ini dilakukan apabila terdapat kelemahan atau kekurangan dalam uji coba skala besar. Revisi ini bertujuan untuk menyempurnakan produk akhir yang dikembangkan sebelum di generalisasikan pada proses pembelajaran.

7. Produk Akhir

Tahap akhir dari langkah penelitian dan pengembangan ini adalah berupa produk akhir modul yang telah perbaiki berdasarkan saran, kritik dan penilaian dari tahap uji coba dan revisi. Dalam penelitian ini, pengembangan hanya dilakukan sampai tahap uji coba skala kecil dan uji coba skala besar yang digunakan sebagai masukan untuk memperbaiki produk akhir. Uji coba produk bertujuan untuk mengumpulkan data yang dapat digunakan sebagai dasar untuk mengetahui tingkat keefektifan, efisiensi, dan kemudahan mahasiswa dalam memahami dan menggunakan bahan ajar yang dihasilkan.

a. Desain Produk

Uji coba produk pada pengembangan bahan ajar ini dilakukan melalui 3 tahapan, yaitu pra validasi oleh dosen pembimbing, validasi oleh ahli/pakar di bidang yang relevan, serta uji coba lapangan kepada Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang.

b. Subjek Uji Coba

Teknik yang digunakan untuk menentukan subjek uji coba dalam penelitian ini adalah teknik *purposive sampling*. Menurut Sugiyono (2018), *purposive sampling* merupakan salah satu teknik pengambilan sampel sumber data dengan pertimbangan tertentu yaitu orang, dokumen, atau perangkat fisik yang dianggap memiliki pengaruh atau berperan dalam pengembangan bahan ajar robotika di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang.

c. Jenis Data

Jenis data pada penelitian ini dibagi menjadi 2, yaitu data kualitatif dan data kuantitatif.

1. Data kualitatif, merupakan data yang diperoleh dari masukan, saran dan kritik dari dosen pembimbing dan ahli/pakar yang relevan serta data hasil wawancara terhadap dosen pengajar Matakuliah Robotika.

2. Data kuantitatif, merupakan data berupa angka-angka yang diperoleh dari hasil uji coba produk dilapangan serta angket yang diberikan kepada Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang.

d. Instrumen Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, instrumen pengumpulan data yang digunakan adalah wawancara, angket, observasi, dan dokumen.

1. Wawancara

Wawancara digunakan untuk mendapatkan berbagai macam informasi yang dibutuhkan dalam proses penelitian. Dalam penelitian ini menggunakan teknik wawancara semi terstruktur. Teknik ini dipilih untuk mengetahui implementasi bahan ajar robotika di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang.

2. Angket

Angket digunakan untuk mengetahui kelayakan produk bahan ajar robotika dengan cara memberikan pertanyaan atau pernyataan tertulis kepada validator ahli media dan ahli materi yang relevan untuk mengetahui kualitas pengembangan produk dan kepada Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang untuk mengetahui tingkat pemahaman terhadap produk bahan ajar yang dikembangkan. Angket yang digunakan disusun berdasarkan kisi-kisi yang telah ditetapkan. Kisi-kisi yang diberikan kepada ahli media terdiri dari tampilan, isi dan penulisan. Kisi-kisi yang diberikan kepada ahli materi terdiri dari isi, penyajian dan kontekstual dan kisi-kisi yang diberikan kepada mahasiswa terdiri dari tampilan, penyajian materi.

3. Observasi

Observasi merupakan proses pengamatan terhadap suatu benda, orang atau fenomena yang sedang diteliti.

4. Dokumen

Teknik pengumpulan data berupa dokumen digunakan sebagai pelengkap dari proses wawancara dan observasi. Dalam penelitian ini bentuk dari teknik dokumentasi berupa bahan ajar dan foto ketika melakukan penelitian.

e. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan dalam pengembangan bahan ajar robotika Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Malang menggunakan 2 jenis, yaitu teknik analisis data kualitatif dan teknik analisis data kuantitatif.

1. Teknik analisis data kualitatif

Data yang diperoleh dari hasil wawancara dan observasi akan di analisis secara naratif. Langkah-langkah analisis data kualitatif yaitu: Pengumpulan data, Reduksi data, Sajian data, Verifikasi dan kesimpulan.

2. Teknik analisis data kuantitatif

Teknik analisis data kuantitatif digunakan untuk menganalisis data yang diperoleh dari hasil angket sehingga mendapatkan gambaran tentang produk bahan ajar yang dikembangkan dalam bentuk persentase angka.

Untuk menentukan kesimpulan pada analisis hasil data yang telah diperoleh, maka ditetapkan kriteria persentase penilaian yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria Persentase Penilaian

No	Persentase	Keterangan
1	81-100 %	Sangat baik
2	61-80 %	Baik
3	41-60 %	Cukup Baik
4	21-40 %	Kurang baik
5	0-20 %	Tidak baik

Sumber: Arikunto (2010)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyajian data hasil pengembangan dalam penelitian ini akan diuraikan menjadi 4 bagian, yaitu penyajian data hasil pengembangan produk, penyajian data hasil validasi ahli media, penyajian data hasil validasi ahli materi dan penyajian data hasil uji coba produk dianalisis untuk mendapatkan kesimpulan hasil dari produk modul yang dikembangkan.

1. Hasil Pengembangan Produk

Data ini diperoleh dari hasil pengembangan produk modul mekatronika dan robotika berdasarkan tahapan pada prosedur penelitian dan pengembangan yang telah ditetapkan.

2. Hasil Validasi Media

Data ini diperoleh dari hasil validasi terhadap media pada modul yang dilakukan oleh dosen di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang yang memiliki kompetensi pada bidang pengembangan bahan ajar modul.

Tabel 3. Kisi-Kisi Angket Validasi Media

Aspek	Indikator
Tampilan	Keefektifan ukuran modul
	Kesesuaian layout modul
	Kemenarikan warna modul
	Kesesuaian tampilan cover
Isi	Kesesuaian gambar
	Kualitas gambar
	Kesesuaian ilustrasi
	Kesesuaian keterangan gambar
Penulisan	Kesesuaian huruf
	Kejelasan teks untuk dibaca

Sumber: Badan Standar Nasional Pendidikan (2014)

Dari hasil validasi media diperoleh jumlah skor jawaban yang diberikan validator ($\sum X$) sebesar 59 dan jumlah skor maksimal ($\sum Xi$) sebesar 60. Analisis data hasil validasi media diperoleh persentase sebesar 98,3%. Pada proses validasi media, masih terdapat kekurangan yaitu tidak terdapat pengantar tentang semester dan program studi yang menempuh matakuliah robotika. Dalam penelitian lain yang dilakukan oleh Tirmidzi, R. (2014), hasil validasi media diperoleh persentase 89,3%. Hasil tersebut diperoleh karena kurangnya penjabaran standar kompetensi dan kompetensi dasar dalam modul serta komponen modul kurang tepat. Tetapi, menurut Tabel 2 tentang kriteria persentase penilaian yang telah ditentukan, hasil persentase 98,3% tersebut tergolong kriteria sangat baik. Sehingga modul robotika yang dikembangkan telah layak dan dapat digunakan dalam proses pembelajaran.

3. Hasil Validasi Materi

Data ini diperoleh dari hasil validasi terhadap materi pada modul yang dilakukan oleh dosen di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang yang memiliki kompetensi di bidang ilmu robotika.

Tabel 4. Kisi-Kisi Angket Validasi Materi

Aspek	Indikator
Isi	Kesesuaian materi
	Keakuratan materi
	Mendorong rasa ingin tau
	Teknik penyajian
Penyajian	Dialogis dan interaktif
	Kesesuaian dengan kaidah bahasa
Kontekstual	Hakikat kontekstual
	Komponen kontekstual

Sumber: Badan Standar Nasional Pendidikan (2014)

Dari hasil validasi materi diperoleh jumlah skor jawaban yang diberikan validator ($\sum X$) sebesar 56 dan jumlah skor maksimal ($\sum Xi$) sebesar 60. Analisis data hasil validasi materi diperoleh persentase sebesar 93%. Pada proses validasi materi masih terdapat kekurangan yaitu materi yang disajikan masih belum meningkatkan minat belajar, modul yang dikembangkan masih belum dilengkapi dengan soal-soal latihan, sumber referensi yang digunakan masih terlalu sedikit serta kurang memadai dan modul kurang interaktif dan partisipatif apabila digunakan pada proses pembelajaran. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Tirmidzi, R. (2014), hasil validasi materi diperoleh persentase 82,5%. Hasil tersebut diperoleh karena teori yang digunakan dalam modul kurang sesuai, contoh-contoh yang disajikan dalam modul kurang sesuai dan model-model yang dikembangkan dalam modul kurang sesuai. Tetapi, menurut Tabel 2. tentang kriteria persentase penilaian yang telah ditentukan, hasil persentase 93% tersebut tergolong kriteria sangat baik. Sehingga modul robotika yang dikembangkan telah layak dan dapat digunakan dalam proses pembelajaran.

4. Hasil Uji Coba Produk

Data yang diperoleh dari hasil 2 uji coba modul yaitu uji coba kecil dan uji coba besar Berikut ini hasil uji coba produk yang dilakukan pada mahasiswa di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang.

Tabel 5. Kisi-Kisi Angket Uji Coba

Aspek	Indikator
Tampilan	Kemenarikan modul
	Kemenarikan gambar
	Kesesuaian gambar dengan materi
Penyajian Materi	Kemudahan memahami materi
	Ketepatan sistematika penyajian materi
	Kejelasan kalimat
	Kejelasan istilah
Manfaat	Kemudahan belajar
	Ketertarikan menggunakan bahan ajar
	berbentuk modul
	Peningkatan motivasi belajar

Sumber: Badan Standar Nasional Pendidikan (2014)

1. Uji Coba Kecil

Uji coba kecil dilakukan pada 10 mahasiswa di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang yang sedang menempuh Matakuliah Robotika. Dari hasil uji coba kecil diperoleh jumlah skor jawaban yang diberika validator ($\sum X$) sebesar 488 dan jumlah skor maksimal ($\sum Xi$) sebesar 600. Analisis data hasil uji coba kecil diperoleh persentase sebesar 81,3%. Pada proses uji coba kecil masih terdapat kekurangan yaitu gambar yang dimuat dalam modul masih kurang jelas serta bagian-bagian pada robot lengan kurang jelas sehingga sulit untuk dipahami. Tetapi, menurut Tabel 2. tentang kriteria persentase penilaian yang telah ditentukan, hasil persentase 81,3% tersebut tergolong kriteria sangat baik. Sehingga modul robotika yang dikembangkan telah layak dan dapat digunakan dalam proses pembelajaran.

2. Uji Coba Besar

Uji coba besar dilakukan pada 25 mahasiswa di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang yang sedang menempuh Matakuliah Robotika. Dari hasil uji coba besar diperoleh jumlah skor jawaban yang diberika validator ($\sum X$) sebesar 1306 dan jumlah skor maksimal ($\sum Xi$) sebesar 1500. Analisis data hasil uji coba besar diperoleh persentase sebesar 87,1%. Pada proses uji coba besar masih terdapat kekurangan yaitu tidak adanya glosarium sehingga banyak istilah-istilah baru yang sulit dipahami. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Tirmidzi. (2014), hasil uji coba yang dilakukan kepada 25 mahasiswa diperoleh persentase 81,2%, Hasil tersebut diperoleh karena contoh soal yang mempersulit mahasiswa dalam memahami materi, penggunaan modul yang tetap membutuhkan dampingan dosen, tujuan pembelajaran dalam modul kurang jelas. Tetapi, menurut Tabel 2. tentang kriteria persentase penilaian yang telah ditentukan, hasil persentase 87,1% tersebut tergolong kriteria sangat baik. Sehingga modul robotika yang dikembangkan telah layak dan dapat digunakan dalam proses pembelajaran.



Gambar 2. Modul Hasil Penelitian

Rekapitulasi data yang telah diperoleh dari hasil validasi media, validasi materi dan uji coba produk akan di sajikan pada Tabel 6. berikut ini.

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Pengembangan		
Hasil Data	$\sum x$	$\sum xi$
Validasi Media	59	60
Validasi Materi	56	60
Uji Coba Kecil	488	600
Uji Coba Besar	1306	1500

Rekapitulasi hasil analisis data dari validasi media, validasi materi dan uji coba produk akan di sajikan pada Tabel 7 berikut ini.

Tabel 7. Rekapitulasi Hasil Analisis		
Analisis Data	Persentase	Kriteria
Validasi Media	98,3%	Sangat Baik
Validasi Materi	93%	Sangat Baik
Uji Coba Kecil	81,3%	Sangat Baik
Uji Coba Besar	87,1%	Sangat Baik

Implikasi dari penggunaan modul tersebut, mahasiswa lebih termotivasi dan mudah dalam mempelajari pemrograman otomasi industry khususnya mekatronika dan robotika.

SIMPULAN

Penelitian dan pengembangan ini telah menghasilkan sebuah produk bahan ajar berbentuk modul dengan judul “Modul Robotika: Teori dan Teknik Pemrograman Dasar” yang dapat digunakan oleh mahasiswa yang sedang menempuh Matakuliah Mekatronika dan Robotika di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang. Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Produk modul dikembangkan menggunakan model pengembangan hasil modifikasi dari model pengembangan Borg & Gall yang meliputi tahap studi pendahuluan, desain produk, uji coba kecil, revisi, uji coba besar, revisi dan produk akhir.
 2. Materi yang dimuat dalam modul terdiri dari konsep dasar robotika, teknik desain robot, sistem kendali robot, kinematika robot, teknik pemrograman robot dengan arduino, konsep *humanoid robot* di dunia industri, serta program *arm robot* menggunakan perangkat lunak arduino.
 3. Modul yang dikembangkan telah memenuhi kriteria penilaian yang tergolong sangat baik setelah dilakukan proses validasi dan uji coba produk.
 - a. Validasi media yang dilakukan oleh ahli media diperoleh hasil persentase sebesar 98,3%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa produk modul yang dikembangkan sangat baik dan dapat digunakan dalam proses pembelajaran Matakuliah Robotika.
 - b. Validasi materi yang dilakukan oleh ahli materi diperoleh hasil persentase sebesar 93%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa produk modul yang dikembangkan sangat baik dan dapat digunakan dalam proses pembelajaran Matakuliah Robotika.
 - c. Uji coba kecil yang dilakukan oleh 10 mahasiswa diperoleh hasil persentase sebesar 81,3%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa produk modul yang dikembangkan sangat baik dan dapat digunakan dalam proses pembelajaran Matakuliah Robotika.
- Uji coba besar yang dilakukan oleh 25 mahasiswa diperoleh hasil persentase sebesar 87,1%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa produk modul yang dikembangkan sangat baik dan dapat digunakan dalam proses pembelajaran Matakuliah Robotika.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Negeri Malang (LPPM-UM) atas hibah penelitian yang diberikan sehingga artikel ini dapat terselesaikan.

DAFTAR RUJUKAN

- Adel, A. (2024). The convergence of intelligent tutoring, robotics, and iot in smart education for the transition from industry 4.0 to 5.0. *Smart Cities*, 7(1), 325-369. <https://doi.org/10.3390/smartcities7010014>
- Adeleke, A. (2024). Evaluating the impact of precision engineering education on industry standards and practices. *International Journal of Science and Research Archive*, 11(1), 2336-2345. <https://doi.org/10.30574/ijrsra.2024.11.1.0336>
- Adeoye, M. (2023). Unlocking the potential of education in nigeria's industry 4.0 era: overcoming challenges of digital transformation. *Indonesian Journal of Educational Research and Review*, 6(3), 608-617. <https://doi.org/10.23887/ijerr.v6i3.66842>
- Adhikari, K. (2023). Nurturing future of nepal : the impactful role of ctvet in technical and vocational education. *Bi-annual S. Asian J. Res. Innov.*, 10(1), 48-56. <https://doi.org/10.3126/jori.v10i1.66079>
- Alfarizi, N., Nurhalim, N., Mahfud, A., & Prasetya, B. (2022). Meningkatkan motivasi belajar pendidikan agama islam melalui penggunaan bahan ajar berbasis multimedia interaktif pada siswa kelas iv di sdn mayangan 2. *Al-Athfal Jurnal Pendidikan Anak*, 3(1), 55-68. <https://doi.org/10.46773/al-athfal.v3i1.415>
- Apresian, S. (2016). Arus Bebas Tenaga Kerja dalam Era Masyarakat Ekonomi ASEAN: Ancaman bagi Indonesia?. *Jurnal Indonesia Perspective*, 1(2), 15-29.
- Arikunto, S. (2010). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Badan Standar Nasional Pendidikan. (2014). *Instrumen Penilaian Buku Teks Pelajaran Tahun 2014*, (Online), (<http://bsnp-indonesia.org/2014/05/28/instrumen-penilaian-buku-teks-pelajaran-tahun-2014/>).
- Borg, W.R., Gall, M.D. & Gall, J.P. (1983). *Educational Research: an Introduction (Third Edition)*. New York: Longman.
- Conceicao, F. (2023). Pengembangan multimedia pembelajaran interaktif berbasis android pada pelajaran biologi kelas 1 SMA. *Generic*, 15(1), 20-23. <https://doi.org/10.18495/generic.v15i1.145>
- Crnjac, M., Veza, I. & Banduka, N. (2017). From Concept to the Introduction of Industry 4.0. *International Journal of Industrial Engineering and Management (IJIEM)*, 8(1), 21-30.
- Dewi, A., Wang, L., Sari, T., & Wati, L. (2021). Karakteristik instrumen penilaian hasil belajar biologi pada pembelajaran daring. *Al Jahiz Journal of Biology Education Research*, 2(1), 19. <https://doi.org/10.32332/al-jahiz.v2i1.3384>
- Dinata, K. (2021). Refleksi pembelajaran daring di universitas muhammadiyah kotabumi di masa pandemi covid-19. *Edukatif Jurnal Ilmu Pendidikan*, 4(1), 240-249. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v4i1.803>
- Gay, L.R., Mills, G. & Airasian, P. (2011). *Educational Research, Competencies for Analysis and Application*. New Jersey: Pearson Education, Inc.
- Hamdan. (2018). Industri 4.0: Pengaruh Revolusi Industri Pada Kewirausahaan Demi Kemandirian Ekonomi. *Jurnal Nusantara: Aplikasi Manajemen Bisnis*, 3(2), 1-8.
- Inanna, I. and Rahmatullah, R. (2022). Desain modul elektronik interaktif untuk meningkatkan pemahaman teoritik konsep dasar koperasi. *Economic Education and Entrepreneurship Journal*, 5(1), 12-22. <https://doi.org/10.23960/e3j/v5i1.12-22>
- Jatmiko, A. (2023). Competency of science vocational teachers in the industrial revolution 4.0 era. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(12), 11592-11602. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i12.5698>
- Kenanga, G. (2023). Pendidikan agama kristen di sekolah berbasis karakter kasih. *Didasko Jurnal Teologi Dan Pendidikan Kristen*, 3(1), 49-56. <https://doi.org/10.52879/didasko.v3i1.89>

- Lestari, A. and Ofianto, O. (2023). Pengembangan kamus e-mnemonic sebagai sumber belajar siswa sejarah sma. *Jurnal Kronologi*, 5(2), 20-29. <https://doi.org/10.24036/jk.v5i2.662>
- Kexin, D. (2024). Relationship between effectiveness of flipped classroom, blended learning and task-oriented teaching methods on academic achievement among vocational college students in an oboe it system environment. *Journal of Digitainability Realism & Mastery (Dream)*, 3(04), 26-40. <https://doi.org/10.56982/dream.v3i04.228>
- Kurniawati, R. & Hadi, F. (2021). Pelatihan pengembangan instrumen evaluasi berbasis hots untuk guru sekolah dasar. *Jurnal Altifani Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(4), 267-276. <https://doi.org/10.25008/altifani.v1i4.182>
- Mahardika, A. (2023). Pelatihan pengembangan evaluasi pembelajaran digital menggunakan quizizz bagi guru di kota banjarmasin. *Jurnal Abdimas Prakasa Dakara*, 3(1), 1-9. <https://doi.org/10.37640/japd.v3i1.1540>
- Ngatiman, S. (2023). The challenges of implementing industrial revolution 4.0 elements in tvet. *Journal of Technical Education and Training*, 15(3). <https://doi.org/10.30880/jtet.2023.15.03.015>
- Nursari, E., Setiawati, I., & Lismaya, L. (2021). Analisis perangkat pembelajaran berbasis higher order thinking skill (HOTS) di masa pandemi covid-19. *Alveoli Jurnal Pendidikan Biologi*, 2(2), 78-97. <https://doi.org/10.35719/alveoli.v2i2.52>
- Pratama, F. (2023). Analysis of the role of vocational education for the halal tourism development in indonesia. *Edumaspul - Jurnal Pendidikan*, 7(2), 6053-6068. <https://doi.org/10.33487/edumaspul.v7i2.7585>
- Petrescu, N., Aversa, R., Apicella, A. & Tiberiu, F. (2018). Something about Robots Today. *Journal of Mechatronics and Robotics Vol. 2*, 85-104, DOI: 10.3844/jmrsp.2018.85.104.
- Rachmawati, I. (2021). Sistem penilaian kinerja tenaga pendidik dalam bidang pembelajaran dengan 360 degree feedback. *Jurnal Pendidikan Dan Kewirausahaan*, 8(2), 138-155. <https://doi.org/10.47668/pkwu.v8i2.115>
- Rahayu, S. (2024). Analyzing transferable skills of vocational students to align with industry demands. *Jurnal Pensil*, 13(1), 34-46. <https://doi.org/10.21009/jpensil.v13i1.39803>
- Salsabila, A. (2024). Implementation of the on-the-job training learning program for students majoring in hospitality accommodation. *Indonesian Journal of Education Research (Ijoer)*, 5(2), 57-62. <https://doi.org/10.37251/ijoer.v5i2.930>
- Sari, N. & Ahsani, E. (2021). Pelaksanaan evaluasi pembelajaran berbasis google form selama masa pandemi pada peserta didik sd/mi. *Terampil Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Dasar*, 7(2), 107-118. <https://doi.org/10.24042/terampil.v7i2.6567>
- Subagia, I. & Wiratma, I. (2016). Profil penilaian hasil belajar siswa berdasarkan kurikulum 2013. *JPI (Jurnal Pendidikan Indonesia)*, 5(1), 39. <https://doi.org/10.23887/jpi-undiksha.v5i1.8293>
- Subasman, I. (2023). The impact of technological transformation on career choices in the stem sector. *JKPP*, 1(2), 129-142. <https://doi.org/10.61397/jkpp.v1i2.94>
- Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*. Bandung: CV Alfabeta.
- Suparman, A. (2001). *Desain Instruksional*. Jakarta: Universitas Terbuka.
- Sutama, I., Astuti, W., & Anisa, N. (2021). E-modul strategi pembelajaran anak usia dini sebagai sumber belajar digital. *Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini Undiksha*, 9(3), 449. <https://doi.org/10.23887/paud.v9i3.41385>
- Tirmidzi, R. (2014). *Pengembangan Modul Pembelajaran Matakuliah Mekatronik Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Uno, W. and Halim, I. (2023). Pengembangan multimedia interaktif ipa untuk kelas v di sd negeri 5 tilamuta kabupaten boalemo. *Jiip - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 6(1), 521-528. <https://doi.org/10.54371/jiip.v6i1.1302>
- Waskito, W., Kurnia, A., & Indra, A. (2021). Implementasi penilaian autentik dalam pembelajaran memprogram mesin cnc di smkn 1 kota padang. *Jurnal Sosial Teknologi*, 1(7), 644-652. <https://doi.org/10.36418/jurnalsostech.v1i7.127>

- Wisanti, W., Zubaidah, S., & Lestari, S. (2020). Pengembangan instrumen kuesioner untuk mengakses respons mahasiswa tentang monografi sistematika tumbuhan sebagai sumber belajar. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Biologi*, 1(2), 1-13. <https://doi.org/10.26740/jipb.v1n2.p1-13>
- Yando, M. (2024). Integrating practical skills into multimodal transportation education in indonesia. *IJED*, 1(3), 01-10. <https://doi.org/10.61132/ijed.v1i3.26>