

Implementasi Robot Mobile Dual Mode Berbasis Arduino Uno sebagai Media Pembelajaran Ekstrakurikuler Robotik

Nazil Fikri Hidayatullah^{1*}, Abdul Halim², Rudianto³

^{1,2,3} Fakultas Ilmu Komputer, Program Studi Ilmu Komputer, Universitas Bina Bangsa, Kota Serang - Banten, Indonesia

Email: ¹ najilketek@gmail.com, ² a.halimkom@gmail.com, ³ rudianto@binabangsa.ac.id,

(* : nazilfikri@gmail.com)

Abstrak- Perkembangan teknologi robotika memberikan peluang besar dalam meningkatkan kualitas pembelajaran berbasis praktik di pendidikan vokasi. Namun, implementasi pembelajaran robotika di tingkat Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) khususnya di SMK 11 Kabupaten Tangerang masih menghadapi keterbatasan dalam media pembelajaran interaktif, serta rendahnya keterlibatan siswa. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengevaluasi robot mobile dual mode berbasis Arduino Uno sebagai media pembelajaran dalam kegiatan ekstrakurikuler robotik di SMK Negeri 11 Kabupaten Tangerang. Metode yang digunakan adalah Research and Development (R&D) dengan model prototyping yang meliputi tahapan identifikasi masalah, perancangan, implementasi, pengujian, dan evaluasi. Sistem yang dikembangkan mengintegrasikan dua mode operasi, yaitu mode otomatis (*obstacle avoider*) dan mode manual berbasis Bluetooth. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu beroperasi secara stabil dan responsif dengan rata-rata waktu respon di bawah satu detik serta tingkat akurasi sensor yang baik. Evaluasi pembelajaran menggunakan kuesioner menunjukkan peningkatan minat dan pemahaman siswa dengan persentase di atas 81,75%. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan media pembelajaran berbasis robotika yang interaktif dan aplikatif, serta dapat meningkatkan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran.

Kata Kunci: Robot mobile; Arduino Uno; Dual mode; Media pembelajaran; Robotika

Abstract- The advancement of robotics technology offers significant opportunities to enhance practice-based learning in vocational education. However, the implementation of robotics learning at the vocational high school (SMK) level still faces limitations in interactive learning media and low student engagement. This study aims to develop and evaluate a dual-mode mobile robot based on Arduino Uno as a learning medium for robotics extracurricular activities at SMK Negeri 11 Kabupaten Tangerang. The research method employs a Research and Development (R&D) approach with a prototyping model, including problem identification, system design, implementation, testing, and evaluation stages. The developed system integrates two operational modes: an automatic mode (*obstacle avoider*) and a manual control mode using Bluetooth communication. The results indicate that the system operates stably and responsively, with an average response time of less than one second and acceptable sensor accuracy. Learning evaluation through questionnaires shows an improvement in student interest and understanding, with scores above 81.75%. This study contributes to the development of interactive and practical robotics-based learning media, which enhances student engagement in the learning process.

Keywords: Mobile robot; Arduino Uno; Dual mode; Learning media; Robotics.

1. PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, perkembangan teknologi robotika dan sistem *embedded* telah mengalami peningkatan yang signifikan, terutama dalam pemanfaatannya sebagai media pembelajaran interaktif di bidang pendidikan vokasi [1], [2]. Namun demikian, implementasi pembelajaran robotika di tingkat Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), khususnya dalam kegiatan ekstrakurikuler masih terbatas, seperti keterbatasan media pembelajaran yang interaktif, kurangnya variasi metode pembelajaran berbasis praktik, serta rendahnya tingkat keterlibatan siswa dalam memahami konsep dasar robotika secara aplikatif. Berdasarkan hasil observasi pada kegiatan ekstrakurikuler robotik di SMK Negeri 11 Kabupaten Tangerang, ditemukan bahwa minat siswa cenderung menurun akibat penggunaan media pembelajaran yang masih bersifat konvensional dan kurang memberikan pengalaman langsung dalam mengoperasikan sistem robot secara nyata [3]. Keadaan ini menunjukkan adanya kebutuhan akan inovasi media pembelajaran yang tidak hanya bersifat teoritis, tetapi juga mampu meningkatkan interaksi, kreativitas, serta pemahaman siswa terhadap konsep robotika secara komprehensif [4].

Sebagai solusi terhadap permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan pengembangan sebuah *robot mobile dual mode* berbasis Arduino Uno yang dirancang sebagai media pembelajaran interaktif dalam kegiatan ekstrakurikuler robotik. Robot yang dikembangkan mengintegrasikan dua mode operasi, yaitu mode otomatis (*obstacle avoider*) dan mode manual (*remote control berbasis Bluetooth*), sehingga siswa dapat mempelajari dua konsep utama dalam robotika secara bersamaan, yaitu sistem robot otonom dan sistem kendali berbasis pengguna. Integrasi kedua mode ini diharapkan dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih variatif dan aplikatif dibandingkan dengan sistem robot konvensional yang umumnya hanya menggunakan satu mode operasi. Selain itu, penggunaan Arduino Uno sebagai mikrokontroler utama dipilih karena kemudahan dalam pemrograman, fleksibilitas, serta dukungan ekosistem yang luas, sehingga sangat sesuai digunakan dalam ruang lingkup pembelajaran.

Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah pendekatan eksperimen dengan *model Research and Development (R&D)* yang dikombinasikan dengan pendekatan rekayasa sistem (*engineering*) [5]. Proses penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu identifikasi masalah, studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi prototipe, pengujian, serta evaluasi efektivitas sistem sebagai media pembelajaran [6]. Evaluasi dilakukan

menggunakan metode kuantitatif dengan instrumen kuesioner berbasis *skala Likert* untuk mengukur tingkat minat dan pemahaman siswa setelah menggunakan robot [7]. Dengan pendekatan ini, penelitian tidak hanya berfokus pada aspek teknis pengembangan sistem robot, tetapi juga mengkaji dampaknya dalam ruang lingkup pendidikan secara terukur dan sistematis.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan media pembelajaran berbasis robot mobile yang interaktif dan efektif dalam meningkatkan minat serta pemahaman siswa terhadap konsep robotika. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menguji kinerja sistem robot yang dikembangkan serta mengevaluasi efektivitas penggunaannya dalam kegiatan pembelajaran ekstrakurikuler. Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah tersedianya media pembelajaran inovatif yang dapat mendukung proses pembelajaran berbasis praktik (*learning by doing*), meningkatkan keterampilan teknis siswa, serta mendorong pengembangan kreativitas dan kemampuan *problem solving* dalam bidang teknologi [8], [9].

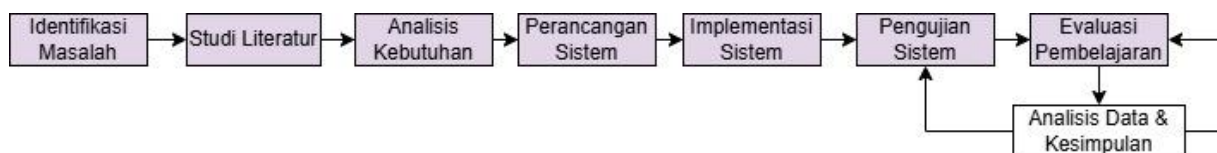
Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu, sebagian besar studi terkait robotika pendidikan masih memiliki keterbatasan, baik dari sisi teknis maupun pedagogis. Beberapa penelitian hanya berfokus pada pengembangan sistem robot otomatis seperti *obstacle avoider* tanpa menyediakan fitur kendali manual, sementara penelitian lainnya hanya mengembangkan sistem kendali berbasis remote tanpa integrasi sistem otomatis. Selain itu, terdapat pula penelitian yang telah mengembangkan robot sebagai media pembelajaran, namun belum mengkaji efektivitasnya secara kuantitatif terhadap peningkatan minat dan pemahaman siswa. Dengan demikian, penelitian ini menawarkan kontribusi berupa integrasi dua mode operasi dalam satu platform robot sekaligus dilengkapi dengan evaluasi pembelajaran secara kuantitatif, sehingga memberikan pendekatan yang lebih komprehensif dibandingkan penelitian sebelumnya.

Untuk pengembangannya, penelitian ini masih memiliki peluang yang luas untuk ditingkatkan, baik dari sisi teknologi maupun metode pembelajaran. Pengembangan lanjutan dapat dilakukan dengan menambahkan fitur kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) seperti navigasi cerdas, pengenalan objek, atau integrasi *Internet of Things* (IoT) untuk meningkatkan kemampuan interaksi robot dengan lingkungan. Selain itu, metode evaluasi pembelajaran juga dapat diperluas dengan menggunakan analisis statistik inferensial atau eksperimen kontrol untuk memperoleh hasil yang lebih mendalam. Dengan pengembangan tersebut, diharapkan robot mobile dual mode tidak hanya menjadi media pembelajaran, tetapi juga menjadi platform inovasi yang mampu mendukung penguasaan teknologi masa depan bagi siswa SMK.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa sistem (*engineering*) yang dikombinasikan dengan metode eksperimen dalam kerangka *Research and Development* (R&D). Pendekatan ini dipilih karena penelitian tidak hanya berfokus pada pengembangan produk berupa *robot mobile dual mode*, tetapi juga menguji efektivitas penggunaannya sebagai media pembelajaran dalam kegiatan ekstrakurikuler robotik di SMK Negeri 11 Kabupaten Tangerang.

Penelitian ini diawali dengan identifikasi masalah dan studi literatur untuk merumuskan kebutuhan sistem pembelajaran robotik [10]. Selanjutnya dilakukan analisis kebutuhan serta perancangan sistem yang mencakup desain mekanik, rangkaian elektronik, dan logika kendali robot dual mode berbasis Arduino Uno. Tahap berikutnya adalah implementasi sistem melalui perakitan perangkat keras dan pemrograman, kemudian dilanjutkan dengan pengujian kinerja untuk memastikan fungsi sensor, aktuator, serta operasi pada mode manual dan otomatis. Setelah itu, dilakukan evaluasi pembelajaran menggunakan kuesioner untuk mengukur tingkat minat dan pemahaman siswa, dan seluruh data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif sebagai dasar penarikan kesimpulan mengenai efektivitas sistem yang dikembangkan. Proses pengembangan sistem dilakukan menggunakan *model prototyping*, yang memungkinkan perancangan, pengujian, dan penyempurnaan sistem dilakukan secara iteratif hingga diperoleh hasil yang sesuai dengan kebutuhan. Adapun tahapan penelitian yang dilakukan seperti gambar 1 berikut:



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Identifikasi masalah yaitu mengkaji kondisi pembelajaran ekstrakurikuler robotik yang menunjukkan adanya keterbatasan media pembelajaran interaktif serta rendahnya minat siswa. Tahap ini dilakukan melalui observasi dan studi awal untuk merumuskan kebutuhan system [11].

Studi literatur, yang bertujuan untuk mengkaji teori-teori terkait robotika, sistem *embedded*, serta penelitian terdahulu yang relevan. Tahap ini digunakan untuk menentukan dasar konseptual dan mengidentifikasi celah penelitian [12].

Analisis kebutuhan system yang meliputi identifikasi kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang digunakan antara lain Arduino Uno sebagai mikrokontroler utama, sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pendeteksi

jarak, motor DC sebagai aktuator, driver motor L298N, servo motor, serta modul Bluetooth HC-06 untuk kendali manual [13].

Perancangan sistem, yang mencakup perancangan mekanik robot, rangkaian elektronik, serta perancangan logika program untuk mengintegrasikan dua mode operasi, yaitu mode otomatis (*obstacle avoider*) dan mode manual (*remote control*). Pada tahap ini juga disusun alur kerja sistem dan desain kontrol robot [11].

Implementasi sistem, yaitu proses perakitan perangkat keras dan pembuatan program menggunakan Arduino IDE. Sistem dikembangkan dalam bentuk prototipe *robot mobile dual mode* yang dapat beroperasi sesuai dengan dua mode yang telah dirancang.

Pengujian sistem, yang dilakukan untuk memastikan kinerja robot baik secara fungsional maupun operasional. Pengujian meliputi kemampuan sensor dalam mendeteksi jarak, respon pergerakan motor, serta keberhasilan sistem dalam beroperasi pada mode otomatis dan manual [14].

Evaluasi pembelajaran, yang bertujuan untuk mengukur efektivitas penggunaan robot sebagai media pembelajaran. Evaluasi dilakukan menggunakan metode kuantitatif dengan instrumen kuesioner berbasis skala Likert (1–5) yang diberikan kepada siswa sebagai responden untuk mengukur tingkat minat dan pemahaman setelah penggunaan system [15]. Analisis data dan penarikan kesimpulan, di mana data hasil pengujian dan kuesioner dianalisis secara deskriptif untuk mengetahui kinerja sistem serta tingkat efektivitasnya dalam meningkatkan minat dan pemahaman siswa [16].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

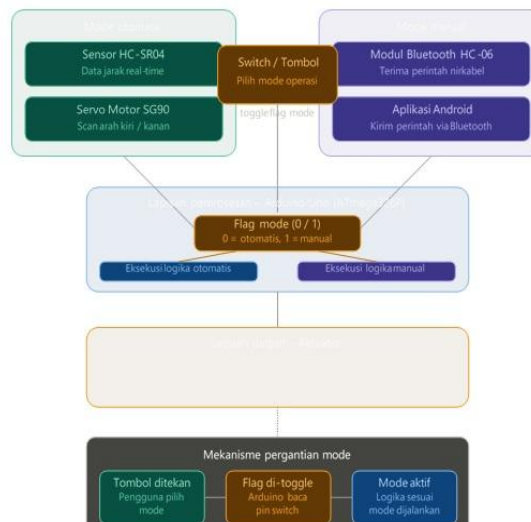
Berdasarkan tahapan metode penelitian yang telah diuraikan sebelumnya, penelitian ini menghasilkan sebuah robot mobile dual mode berbasis Arduino Uno yang dirancang sebagai media pembelajaran interaktif dalam kegiatan ekstrakurikuler robotik. Pada tahap identifikasi masalah dan analisis kebutuhan, diperoleh spesifikasi sistem yang mencakup integrasi beberapa komponen utama, yaitu sensor ultrasonik sebagai pendeteksi jarak, motor DC sebagai aktuator penggerak, serta modul Bluetooth sebagai media komunikasi untuk kendali manual.

3.1 HASIL

Pada tahap perancangan sistem, dikembangkan desain robot yang mampu mengintegrasikan dua mode operasi dalam satu platform, yaitu mode otomatis (*obstacle avoider*) dan mode manual (*remote control*). Perancangan ini tidak hanya mencakup aspek mekanik dan elektronik, tetapi juga logika kontrol sistem yang memungkinkan perpindahan dan pengoperasian kedua mode secara optimal. Selanjutnya, pada tahap implementasi, seluruh komponen berhasil dirakit dan diprogram menggunakan Arduino IDE sehingga sistem dapat berjalan sesuai dengan algoritma yang telah dirancang.

3.1.1 Hasil Pengembangan Sistem

Hasil pengembangan ini menunjukkan bahwa pendekatan *prototyping* yang digunakan mampu menghasilkan sistem yang tidak hanya fungsional secara teknis, tetapi juga relevan dengan kebutuhan pembelajaran berbasis praktik (*learning by doing*) [17]. Sistem yang dihasilkan memungkinkan siswa untuk memahami konsep sensor, aktuator, serta sistem kendali secara langsung melalui interaksi dengan robot. Gambar 2 di bawah ini menunjukkan bagaimana komponen-komponen tersebut saling terintegrasi dalam sistem robot mobile dual mode.



Gambar 2. Arsitektur Sistem Robot Mobile Dual Mode

3.1.2 Hasil Pengujian Sistem

Pengujian fungsional dilakukan untuk memastikan bahwa setiap komponen sistem bekerja dengan baik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor ultrasonik HC-SR04 mampu mendeteksi jarak objek secara real-time dan memberikan input yang akurat kepada mikrokontroler. Motor DC yang dikendalikan melalui driver L298N mampu menghasilkan pergerakan maju, mundur, serta belok sesuai perintah sistem. Ada mode otomatis, robot mampu menghindari rintangan dengan cara berhenti dan mengubah arah berdasarkan data jarak yang diterima sensor. Sementara itu, pada mode manual, robot dapat dikendalikan melalui perangkat mobile menggunakan koneksi *Bluetooth HC-06*, sehingga pengguna dapat mengontrol arah pergerakan robot secara langsung.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

No	Jarak Sebenarnya (cm)	Jarak Terbaca (cm)	Error(cm)	Error (%)
1	10	11	1	10%
2	20	21	1	5%
3	30	29	1	3.3%
4	40	42	2	5%
5	50	28	2	4%

Berdasarkan tabel di atas, sensor ultrasonik menunjukkan tingkat akurasi yang cukup baik dengan rata-rata error di bawah 6%. Hal ini menunjukkan bahwa sensor mampu memberikan input yang stabil untuk mendukung sistem obstacle avoider. Hasil ini sejalan dengan temuan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa sensor ultrasonik HC-SR04 memiliki tingkat akurasi yang relatif tinggi dengan *error* pengukuran yang rendah pada jarak pendek hingga menengah, sehingga banyak digunakan dalam sistem navigasi robot berbasis *embedded system* [18].

3.1.4 Hasil Kinerja Sistem

Pengujian kinerja dilakukan untuk mengevaluasi stabilitas dan respons sistem dalam berbagai kondisi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa robot mampu beroperasi secara stabil pada kedua mode, dengan waktu respons yang cukup cepat dalam mendeteksi dan menghindari rintangan. Integrasi antara mode otomatis dan manual juga berjalan dengan baik tanpa konflik sistem, sehingga memberikan fleksibilitas dalam penggunaan.

Tabel 2. Hasil Pengujian Respon Sistem Robot

No	Kondisi Uji	Respon Robot	Waktu Respon (detik)	Status
1	Ada rintangan depan	Berhenti & belok kanan	0.8	Berhasil
2	Rintangan kiri	Belok kanan	0.7	Berhasil
3	Rintangan kanan	Belok kiri	0.7	Berhasil
4	Tanpa rintangan	Maju	0.5	Berhasil
5	Mode manual (Bluetooth)	Bergerak sesuai kontrol	0.6	Berhasil

Robot menunjukkan performa responsif dengan waktu respon rata-rata <1 detik, yang berarti sistem cukup cepat dalam mengambil keputusan terhadap lingkungan. Hasil ini sejalan dengan temuan penelitian yang menunjukkan bahwa sistem robot berbasis mikrokontroler dengan integrasi sensor jarak mampu menghasilkan respon *real-time* yang efektif dalam navigasi dan penghindaran rintangan. Penelitian yang dipublikasikan MDPI mengatakan bahwa *platform robot mobile* berbasis *embedded system* memiliki kemampuan respons cepat dan stabil dalam mendeteksi serta merespon perubahan lingkungan secara langsung [19]. Selain itu, penelitian yang dipublikasikan pada *Frontiers* dalam jurnal *Frontiers in Robotics and AI* juga menunjukkan bahwa penggunaan robot berbasis Arduino dalam pembelajaran mampu memberikan performa sistem yang responsif sekaligus mendukung interaksi real-time antara sistem dan pengguna [20].

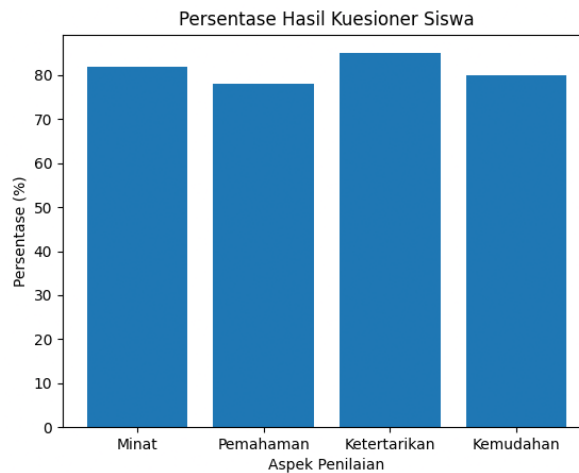
3.3.3 Hasil Evaluasi Pembelajaran

Evaluasi terhadap efektivitas penggunaan robot sebagai media pembelajaran dilakukan menggunakan kuesioner berbasis skala Likert yang diberikan kepada siswa ekstrakurikuler robotik. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa sebagian besar siswa memberikan respon positif terhadap penggunaan robot, baik dari aspek minat maupun pemahaman terhadap materi robotika. Secara umum, terjadi peningkatan keterlibatan siswa selama proses pembelajaran, di mana siswa lebih aktif dalam melakukan eksperimen, mencoba sistem, serta memahami konsep kerja sensor dan aktuator secara langsung. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan robot sebagai media pembelajaran berbasis praktik mampu meningkatkan kualitas proses pembelajaran.

Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan robot mobile dual mode memberikan dampak positif terhadap pembelajaran, khususnya dalam meningkatkan minat dan ketertarikan siswa terhadap robotika.

Tabel 3. Hasil Evaluasi Pembelajaran

No	Aspek Penilaian	%	Kategori
1	Minat	82%	Sangat baik
2	Pemahaman	78%	Baik
3	Ketertarikan	85%	Sangat baik
4	Kemudahan	80%	Baik



Gambar 3. Grafik Kuisisioner

Gambar 2 menunjukkan bahwa aspek ketertarikan memiliki nilai tertinggi (85%), diikuti oleh minat (82%), yang mengindikasikan bahwa media pembelajaran berbasis robot sangat efektif dalam menarik perhatian siswa. Sementara itu, aspek pemahaman berada pada nilai 78%, yang masih dapat ditingkatkan melalui pengembangan metode pembelajaran yang lebih mendalam.

3.2 PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian teknis dan evaluasi pembelajaran yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem robot mobile dual mode yang dikembangkan telah berhasil memenuhi tujuan penelitian, yaitu sebagai media pembelajaran yang interaktif dan efektif. Dari sisi teknis, robot mampu beroperasi secara stabil dan responsif pada dua mode yang berbeda, yaitu mode otomatis dan manual, sehingga memberikan fleksibilitas sekaligus pengalaman pembelajaran yang lebih komprehensif dibandingkan dengan sistem robot yang hanya menggunakan satu mode operasi. Kinerja sistem yang konsisten ini menunjukkan bahwa pendekatan rekayasa sistem yang digunakan mampu menghasilkan solusi yang andal dalam konteks pembelajaran berbasis teknologi.

Dari sisi pembelajaran, hasil evaluasi menunjukkan bahwa penggunaan robot memberikan dampak positif terhadap peningkatan minat, ketertarikan, serta pemahaman siswa terhadap konsep dasar robotika. Hal ini memperkuat teori bahwa pembelajaran berbasis praktik (*learning by doing*) lebih efektif dalam meningkatkan keterlibatan dan aktivitas belajar siswa dibandingkan metode konvensional yang cenderung bersifat pasif. Selain itu, integrasi antara pengalaman langsung dan interaksi dengan sistem nyata memberikan nilai tambah dalam proses pembelajaran yang lebih aplikatif dan kontekstual.

Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, hasil penelitian ini menunjukkan keunggulan pada aspek integrasi sistem dual mode serta adanya evaluasi pembelajaran berbasis data kuantitatif. Sebagian besar penelitian terdahulu masih berfokus pada performa teknis sistem robot tanpa mengkaji secara mendalam dampaknya terhadap pengguna, khususnya dalam konteks pendidikan. Oleh karena itu, penelitian ini memberikan kontribusi yang lebih komprehensif dengan menggabungkan aspek teknis dan pedagogis dalam satu kerangka penelitian yang terpadu.

Namun demikian, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan, di antaranya metode evaluasi yang digunakan masih bersifat deskriptif serta jumlah responden yang relatif terbatas. Hal ini menyebabkan tingkat generalisasi hasil penelitian masih perlu ditingkatkan. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan metode analisis statistik inferensial yang lebih kuat, seperti paired sample t-test atau ANOVA, guna memperoleh hasil yang lebih

akurat dan valid secara ilmiah. Selain itu, pengembangan lanjutan juga dapat diarahkan pada peningkatan kompleksitas sistem serta integrasi teknologi yang lebih canggih untuk mendukung pembelajaran yang lebih adaptif. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan Research and Development (R&D) dengan model prototyping efektif digunakan dalam pengembangan media pembelajaran berbasis robotika. Sistem yang dihasilkan tidak hanya berfungsi dengan baik secara teknis, tetapi juga mampu memberikan dampak positif yang signifikan dalam meningkatkan kualitas proses pembelajaran.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan dan mengimplementasikan robot mobile dual mode berbasis Arduino Uno sebagai media pembelajaran interaktif dalam kegiatan ekstrakurikuler robotik di SMK Negeri 11 Kabupaten Tangerang. Pengembangan sistem melalui pendekatan Research and Development (R&D) dengan model prototyping terbukti mampu menghasilkan sebuah prototipe yang tidak hanya berjalan sesuai spesifikasi teknis, tetapi juga mampu menjawab kebutuhan pembelajaran yang lebih aplikatif dan kontekstual. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem yang dirancang memiliki kinerja yang stabil dan responsif, baik dalam mode otomatis maupun manual, sehingga memberikan fleksibilitas dalam penggunaan serta memperkaya pengalaman belajar siswa. Selain itu, berdasarkan hasil evaluasi pembelajaran, penggunaan robot sebagai media praktik memberikan dampak positif terhadap peningkatan minat, ketertarikan, serta pemahaman siswa terhadap konsep dasar robotika dengan rata-rata hasil evaluasi sebesar 81.75%. Dengan mengintegrasikan aspek teknis dan pembelajaran dalam satu sistem, penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi yang lebih inovatif dan interaktif. Keberadaan dua mode operasi dalam satu platform juga menjadi nilai tambah yang membedakan penelitian ini dari studi sebelumnya yang umumnya hanya berfokus pada satu pendekatan sistem. Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan pada aspek evaluasi yang belum menggunakan analisis statistik inferensial serta jumlah responden yang terbatas. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan metode evaluasi yang lebih komprehensif serta memperluas cakupan implementasi sistem, baik dari sisi teknologi maupun penerapan dalam skala pembelajaran yang lebih luas.

REFERENCES

- [1] H.-J. Lee and H. Yi, "Development of an Onboard Robotic Platform for Embedded Programming Education," *Sensors*, vol. 21, no. 11, p. 3916, Jan. 2021, doi: 10.3390/s21113916.
- [2] N. Prokopiuk and P. Falkowski, "Applicability of Augmented and Virtual Reality for Education in Robotics," *Journal of Automation, Mobile Robotics and Intelligent Systems*, pp. 65–74, 2022, doi: 10.14313/JAMRIS/3-2022/25.
- [3] H. Setyawan, Sukardi, Risfendra, D. T. P. Yanto, and T. T. Kiong, "The Impact of Robotic Technology in Vocational Education towards the Development of Industry 5.0: A Systematic Literature Review," *International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)*, vol. 21, no. 06, pp. 36–55, May 2025, doi: 10.3991/ijoe.v21i06.53681.
- [4] T. Tuwoso, A. B. N. R. Putra, and A. K. B. Muhammad, "The Innovation of Augmented Reality Learning Media with Interactive Component Model to Improve Special Ability of Vocational Education Knowledge in the Digital Era," *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, vol. 15, no. 21, pp. 188–198, Nov. 2021, doi: 10.3991/ijim.v15i21.24833.
- [5] R. C. Subramaniam, N. Borse, A. Bralin, J. W. Morpheu, C. M. Rebello, and N. S. Rebello, "Investigating the design-science connection in a multiweek engineering design-based introductory physics laboratory task," *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.*, vol. 21, no. 1, p. 010118, Mar. 2025, doi: 10.1103/PhysRevPhysEducRes.21.010118.
- [6] S. Auliana, B. R. S. Permana, M. Darip, and S. C. Roy, "FuelGuard: Fuel Consumption Anomaly Detection and Visual Verification in Logistics Using Isolation Forest, CBIR, and OCR," *Jurnal Teknik Informatika (Jutif)*, vol. 6, no. 6, pp. 6017–6030, 2025, doi: 10.52436/1.jutif.2025.6.6.5276.
- [7] M. Darip, S. Auliana, B. R. S. Permana, and M. Ahwani, "Pengembangan Platform Digital untuk Meningkatkan Layanan Pengaduan dan Komunikasi Masyarakat Desa Singarajan," *Jurnal Darma Agung*, vol. 33, no. 2, pp. 270–277, Apr. 2025, doi: 10.46930/ojsuda.v33i2.5320.
- [8] A. Suarez, D. García-Costa, J. Perez, E. López-Iñesta, F. Grimaldo, and J. Torres, "Hands-on Learning: Assessing the Impact of a Mobile Robot Platform in Engineering Learning Environments," *Sustainability*, vol. 15, no. 18, p. 13717, Jan. 2023, doi: 10.3390/su151813717.
- [9] Y. Saltan and Ö. Korkmaz, "EĞİTİCİ ROBOT SETLERİNİN ETKİLİLİĞİ: 2010-2021 YILLARINI KAPSAYAN BİR META ANALİZ ÇALIŞMASI," *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama (ETKU)*, vol. 14, no. 2, pp. 176–197, Jul. 2024, doi: 10.17943/etku.1358742.
- [10] H. Siddiq, S. Auliana, and M. Darip, "Perancangan Website E-Tourism Sebagai Media Promosi Digital Pariwisata Di Kecamatan Pulosari Menggunakan Framework Laravel," *INFOTECH journal*, vol. 11, no. 2, pp. 192–199, Jul. 2025, doi: 10.31949/infotech.v11i2.15025.

- [11] E. D. Purnama, S. Auliana, B. R. S. Permana, A. Safaatulloh, and W. Cahyadi, “Penerapan Framework Laravel Untuk Sistem Informasi Raport Online Pada SDN Saruni 2 Pandeglang,” *INFOTECH journal*, vol. 10, no. 2, Art. no. 2, Aug. 2024, doi: 10.31949/infotech.v10i2.10869.
- [12] Rudianto, A. Sapaatullah, B. R. S. Permana, and M. Darip, “Implementasi Struktur Data Array dalam Sistem Perpustakaan Berbasis Web dengan Python Flask,” *Buletin Ilmiah Informatika Teknologi*, vol. 3, no. 2, pp. 30–36, Jan. 2025, doi: 10.58369/biit.v3i2.91.
- [13] H. Hamdan, O. Romli, S. Auliana, and B. R. S. Permana, “Utilization of Virtual Assistance (Chatbot) for an Integrated Information Portal as Part of a Marine Tourism Promotion Strategy in Banten.,” *JINAV: Journal of Information and Visualization*, vol. 5, no. 2, pp. 206–219, Dec. 2024, doi: 10.35877/454RI.jinav3056.
- [14] M. Darip and A. Sapaatullah, “a Rancang Bangun Aplikasi Perjalanan Dinas Guna Meningkatkan Efisiensi dan Optimalisasi Administrasi: Rancang Bangun Aplikasi Perjalanan Dinas Guna Meningkatkan Efisiensi dan Optimalisasi Administrasi,” *Jurnal Ilmiah Media Sisfo*, vol. 19, no. 1, pp. 50–62, Apr. 2025, doi: 10.33998/mediasisfo.2025.19.1.2033.
- [15] M. Masyhuri and D. Darip, “Analisis Dan Desain Aplikasi Perpustakaan Untuk Transformasi Pembelajaran Di SMK Malnu Menes,” *BETRIK*, vol. 16, no. 01, pp. 11–24, Jun. 2025, doi: 10.36050/ag0s0c52.
- [16] M. Darip and B. R. S. Permana, “Analysis and Design of a Sales Application System for Micro-Scale Grocery Stalls,” *Journal of Advances in Information and Industrial Technology*, vol. 6, no. 1, pp. 11–20, May 2024, doi: 10.52435/jaiit.v6i1.536.
- [17] M. Darip, N. Supiana, and S. Makin, “Penggunaan Algoritma Round Robin Dalam Manajemen Kemitraan Dan Reservasi Kendaraan Bagi Wisatawan Di Provinsi Banten,” *IJIS - Indonesian Journal On Information System*, vol. 9, no. 2, Art. no. 2, Sep. 2024, doi: 10.36549/ijis.v9i2.322.
- [18] J. R. Qu and P. K. Fok, “Cultivating students’ computational thinking through student–robot interactions in robotics education,” *Int J Technol Des Educ*, vol. 32, no. 4, pp. 1983–2002, Sep. 2022, doi: 10.1007/s10798-021-09677-3.
- [19] H.-J. Lee and H. Yi, “Development of an Onboard Robotic Platform for Embedded Programming Education,” *Sensors*, vol. 21, no. 11, p. 3916, Jan. 2021, doi: 10.3390/s21113916.
- [20] F. A. Nannim, N. E. Ibezim, M. Mosia, and B. C. E. Oguguo, “Project-based learning with arduino robots: impact on undergraduate students’ achievement and task persistence in robotics programming,” *Front. Robot. AI*, vol. 12, Jul. 2025, doi: 10.3389/frobt.2025.1615427.