



Pengembangan Media Pembelajaran Trainer Robot Line Follower Berbasis STM32

Syamsul Jamal

SMK Negeri 1 Tambelangan, Sampang, Jawa Timur, Indonesia

Samsul60175@yahoo.com

Abstrak: Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat dan menilai keefektifan alat latih robot *line follower* berbasis STM32 sebagai sumber edukasi dalam pembelajaran Sistem Kendali Robotika pada Program Studi Teknik Elektronika Industri SMK di Kabupaten Sampang. Teknik penelitian menganut model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation*) yang awalnya dikemukakan oleh *Robert Maribe Branch*. Tahap Analisis memerlukan instrumen pembelajaran yang mampu meningkatkan prestasi akademik siswa. Tahap Perancangan berfokus pada pengembangan komponen elektronik (pengendali, sensor, dan driver aktuator) yang sesuai untuk SMK di Kabupaten Sampang. Selama tahap Pengembangan, peneliti menggunakan pendekatan pengembangan *waterfall* untuk mendefinisikan komponen secara tepat, membuat desain mekanis, menulis kode perangkat lunak, dan melakukan pengujian untuk sistem robot *line follower*. Tahap Implementasi meliputi penilaian kepraktisan dengan ahli media dan melibatkan siswa kelas XII secara aktif yang saat ini terdaftar pada Program Studi Teknik Elektronika Industri di SMK se-Kabupaten Sampang. Tahap Evaluasi menggunakan kuesioner skala Likert yang menyajikan empat pilihan untuk mengukur persepsi responden terhadap pelatih robot *line follower* berbasis STM32. Kesesuaian alat latih robot *line follower* berbasis STM32 sebagai alat bantu pengajaran dinilai berdasarkan dua faktor: (1) Kualitas media memperoleh skor rata-rata 22,34 yang berarti “dapat dicapai”. Kualitas materi mencapai skor rata-rata 28,51 yang juga tergolong “layak”. Oleh karena itu, alat latih robot *line follower* berbasis STM32 dinilai cocok untuk mengajar mata pelajaran Sistem Kendali Robotika. Baik tes awal maupun tes akhir menunjukkan peningkatan hasil belajar siswa yang signifikan sebesar 76,8% setelah dilibatkan dalam program pelatih robot *line follower* berbasis STM32 di SMK di Kabupaten Sampang.

Kata kunci: ADDIE; Trainer Robot Line follower; Media Pembelajaran.

Development of STM32 Based Line Follower Robot Trainer Learning Media

Abstract: The objective of this study is to create and assess the effectiveness of the STM32-based line follower robot trainer as an educational resource for instructing the Robotics Control System course in the Industrial Electronics Engineering Program at Vocational High Schools in Sampang District. The research technique adheres to the ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation*) model, which was originally proposed by *Robert Maribe Branch*. The Analyze phase requires an instructional instrument that is capable of improving pupils' academic performance. The Design phase focuses on developing electronic components (controllers, sensors, and actuator drivers) that are appropriate for Vocational High Schools in Sampang District. During the Development stage, the researcher use the waterfall development approach to precisely define components, create mechanical designs, write software code, and conduct testing for the line follower robot system. The Implementation phase involves assessing the practicality with media specialists and actively involving 12th-grade students who are currently enrolled in the Industrial Electronics Engineering Program at Vocational High Schools in Sampang District. The Evaluation phase utilizes a Likert scale questionnaire that presents four options to measure respondents' perceptions of the STM32-based line follower robot trainer. The suitability of the STM32-based line follower robot trainer as a teaching tool was assessed based on two factors: (1) The media quality obtained a mean score of 22.34, signifying "achievable." The material quality achieved a mean score of 28.51, which was also classified as "feasible." Hence, the STM32-based line follower robot trainer is deemed suitable for instructing the subject of Robotics Control System. Both initial and conclusive tests demonstrated a significant 76.8% improvement in students' learning results after their involvement in the STM32-based line follower robot trainer program at Vocational High Schools in Sampang District.

Keywords: ADDIE; Trainer Robot Line follower; Learning Media.

1. Pendahuluan

Kemajuan pesat dalam teknologi digital telah sangat memudahkan upaya pengajaran dan pembelajaran pendidikan di tengah pandemi yang telah berlangsung selama dua tahun ini. Tidak diragukan lagi, kemajuan teknologi telah memberikan dampak yang menguntungkan bagi siswa Indonesia, khususnya di SMK Negeri 1 Tambelangan (Daryanto, 2010). Salah satu aspeknya adalah siswa menerima informasi yang melampaui buku teks dan instruktur. Meskipun individu dapat meningkatkan kreativitas mereka dengan mencari informasi tambahan secara online, penting untuk diketahui bahwa betapapun majunya teknologi, teknologi tidak dapat menggantikan peran penting seorang guru dalam menyampaikan materi pendidikan secara langsung (Deni Darmawan, 2014).

Berdasarkan observasi yang dilakukan di beberapa satuan pendidikan SMK Negeri maupun swasta dengan Program Keahlian Elektronika Industri di Kabupaten Sampang diperoleh sebagai berikut: (1) Media yang digunakan masih berupa *trainer robot line follower* analog, belum berkembang pada *trainer robot line follower* berbasis mikrokontroler (Fahmi, N.W & Zuhrie, S.M, 2021. Pp 123-133), (2) Kurangnya kecermatan siswa saat melaksanakan praktik disebabkan oleh fokus yang lebih besar pada penggunaan *trainer robot line follower* analog (Harianto, M & Santosa B.A, 2019. Pp 261-267), dan (3) Mayoritas peserta didik belum menggunakan laptop dan durasi pembelajaran yang cukup lama sehingga tingkat kejenuhan siswa meningkat, dan juga kegiatan pembelajaran menjadi monoton dikarenakan media yang kurang memadai (Sujito, S dkk. 2022, pp220-225). Dari hasil tersebut terdapat *Learning Loss* pada bidang infrastruktur media pembelajaran, dimana media pembelajaran yang dipakai oleh pengajar masih jauh dari harapan sehingga berpengaruh pada hasil belajar siswa yang stagnan. (Arief. Sadiman, 2011)

Terdapat beberapa kemajuan dalam bidang pelatih robot *line follower*, mulai dari robot *line follower* analog hingga robot *line follower* berbasis mikrokontroler (Fathurrohman, FA, 2014:25). Dari beberapa pengembangan *trainer* tersebut seringkali kami temukan sebagai peneliti bahwa pengembangan robot *line follower* tersebut merubah mikrokontroler dari ATMEL sampai dengan arduino dan untuk kemajuan teknologi yang telah memasuki era revolusi 4.0 yang semula robot *line follower* menggunakan mikrokontroler 8 bit menjadi robot *line follower* 32 bit. Untuk itu dalam pengembangan media pembelajaran robot *line follower* ini kami sebagai

peneliti menggunakan mikrokontroler 32 bit yang mana ada di mikrokontroler arm cortex 32 (STM32). (Setiawan aji, 2011:35). Keunggulan *trainer kit robot line follower* berbasis STM32 adalah kecepatan proses data dalam mengkonversi data analog dari sensor ke mikrokontroler lebih cepat dan efisien begitu juga sebaliknya selain itu, data logging yang sifatnya kompleks seperti kontrol PID dapat diproses lebih tepat dan presisi.

Dari informasi yang telah disajikan sebelumnya, kemudian dihasilkan perumusan masalah: (1) Bagaimanakah metode untuk mengembangkan perangkat *trainer robot line follower* berbasis STM32 agar lebih bermanfaat dalam proses kegiatan belajar siswa di Sekolah Menengah Kejuruan?, (2) Bagaimana efektivitas alat latih robot *line follower* berbasis STM32 sebagai alat bantu edukasi pembelajaran Pengendalian Sistem Robotik di SMK? (3) Apa pentingnya meningkatkan hasil belajar siswa pada topik Pengendalian Sistem Robotik? di SMK dengan memanfaatkan media pembelajaran *line follower robot trainer* berbasis STM 32? serta (4) Seberapa besar tingkat kelayakan *trainer robot line follower* berbasis STM 32 terhadap pembelajaran Pengendali Sistem Robotik.

2. Metode Penelitian

Model ADDIE yang diusulkan oleh Robert Maribe Branch digunakan sebagai metodologi kajian perancangan media pembelajaran pelatih robot *line follower* berbasis STM32. Pendekatan penelitian dan pengembangan ini secara luas mencakup tahapan ADDIE sebagaimana diuraikan oleh Branch. Buku "*Instructional Design: The ADDIE Approach*" menguraikan fase-fase pendekatan ADDIE, yang berfungsi sebagai kerangka dasar untuk mengembangkan materi pembelajaran yang berdampak (Branch, 2009: 3).

Penelitian ini menggunakan metodologi metode ADDIE untuk tahapan perkembangannya. Urutan langkah-langkahnya adalah sebagai berikut: Tahap 1, yang disebut analisis, melibatkan pengamatan langsung di lapangan. Hal ini mencakup mengamati langsung proses belajar mengajar di kelas, serta mengikuti berbagai kegiatan tambahan.

Pada Tahap 2 proses desain, fokusnya adalah pada pembuatan materi pembelajaran dalam bentuk pelatih praktis yang akan membantu pengguna memahami konsep sistem robot bergerak. Media pembelajaran diproduksi dalam format kit, terdiri dari beberapa modul komponen yang dirancang kompak karena hadirnya berbagai mekanisme kontrol. Di bawah

ini adalah representasi skema kit pelatib robot *line follower*: (a). Sistem kendali sensor, (b). Sistem kendali driver motor DC, (c). Perancangan mekanik robot, dan (d). Desain perangkat lunak mengacu pada proses pembuatan rencana atau cetak biru untuk pengembangan sistem perangkat lunak.

Tahap ketiga. Selama tahap pengembangan, sumber belajar dibuat dan divalidasi. Tahap ini merupakan tahap yang sangat penting dalam pengembangan sumber belajar, dimana peneliti melakukan tiga langkah penelitian yang diuraikan di bawah ini: Pertama. Mengembangkan robot *line follower* sebagai alat multimedia untuk meningkatkan teknik pembelajaran. Mengembangkan modul pembelajaran pemanfaatan media *trainer* robot *line follower*, dan (c). Melakukan revisi formatif.

Tahap keempat (4). Implementasi mengacu pada proses pemanfaatan media pelatib robot *line follower* sebagai media pembelajaran. Media pelatib robot *line follower* dimanfaatkan pada kelas XII peminatan teknik elektronika industri di SMK Negeri 1 Tambelangan. Hal ini dilakukan melalui pembentukan kelompok-kelompok kecil. Selama fase implementasi ini, ada lima proses spesifik yang diikuti. Tahapan tersebut meliputi: penyiapan guru, penyiapan siswa, pendistribusian modul operasional pelatib, evaluasi kinerja media pelatib, dan penyediaan lembar kerja.

Tahap lima, fase terakhir. Dalam tahap ini peneliti melakukan tiga langkah evaluasi: (a) menetapkan kriteria evaluasi, (b) memilih instrumen penilaian seperti rubrik atau portofolio, dan (c) melaksanakan evaluasi dengan tekun. Tahap awal melibatkan peneliti memilih evaluasi persepsi sebagai kriteria evaluasi yang dipilih. Fase selanjutnya melibatkan identifikasi alat penilaian seperti rubrik atau portofolio. Peneliti memilih kuesioner sebagai alat yang menggunakan skala Likert empat pilihan. Tahap ketiga adalah melakukan penilaian. Pendekatan ini memerlukan pemberian kuesioner kepada siswa setelah mereka menggunakan pelatib robot *line follower* selama tiga sesi pengajaran. Temuan dari kuesioner akan digunakan untuk membuat penyempurnaan yang meyakinkan terhadap perangkat pelatib. Mengikuti penyempurnaan selama fase peninjauan.

Pada uji coba produk, penelitian ini menggunakan desain penelitian pra-eksperimental yang dikenal sebagai studi kasus satu kali untuk mengevaluasi produk. Secara khusus, kami mengujinya menggunakan robot *line follower* berbasis STM32. Karena belum

adanya analisis perbandingan dengan kelompok lain, maka penelitian ini hanya mengandalkan satu kelompok belajar untuk menilai sejauh mana peningkatan hasil belajar siswa setelah pemanfaatan media *trainer* dan modul pengajaran. (Emzir, 2015:42)

Penelitian akan dilakukan di beberapa SMK yang berlokasi di Kabupaten Sampang pada Bulan Agustus 2022 hingga November 2022. Melakukan eksperimen dengan partisipan di ruang kelas. Adapun SMK yang tergabung dalam MGMP Elektronika adalah SMK Negeri 1 Tambelangan, SMK Negeri 1 Sampang dan SMKS Darul Ijtihad.

Menurut Suharsimi Arikunto (2010:203), instrumen penelitian adalah peralatan atau fasilitas yang digunakan peneliti untuk mengumpulkan data, sehingga memudahkan pekerjaannya dan meningkatkan kualitas hasilnya. Penelitian ini memerlukan kuantifikasi kesesuaian media dan evaluasi kemahiran siswa dalam materi pelajaran. Peralatan yang digunakan dalam penelitian pengembangan robot *line follower* ini adalah sebagai berikut: (1) Instrumen penilaian kelayakan media pembelajaran, (2) Instrumen penilaian materi pembelajaran. Pengujian yang digunakan untuk menilai kelayakan media pembelajaran meliputi tiga aspek utama: kegunaan, rekayasa perangkat keras dan perangkat lunak, dan komunikasi visual. (Azhar Arsyad, 2011:20)

Sedangkan instrumen materi pembelajaran mempunyai dua komponen, yaitu relevansi materi dan karakteristik teknologi media. Siswa diberikan instrumen tes untuk menilai tingkat kemahiran mereka dalam materi pelajaran. Instrumen tesnya berupa rangkaian soal pilihan ganda yang wajib dijawab oleh siswa. Penilaian pre-test dan post-test dilakukan untuk mengevaluasi dampak penggunaan media berupa pengembangan produk terhadap hasil belajar. (Eko Putro, 2009:26)

Pengumpulan data pada penelitian pengembangan media pembelajaran robot *line follower* berbasis STM32 menggunakan strategi pengumpulan data berupa observasi dan angket. Teknik-teknik ini selanjutnya dianalisis untuk mengatasi permasalahan yang telah ditentukan. (Rudi Susilana, 2008:105). Metode analisis data dalam penelitian ini menggunakan metode analisis data sebagai berikut: analisis data kelayakan, analisis *pre-test* dan *post-test*, dan analisis hasil belajar. (Nana Sudjana & Ibrahim M.A, 2013:145). Analisis data kelayakan, untuk ahli materi dan ahli media dari Ketua MGMP Elektronika Kabupaten Sampang serta teman sejawat yang mempunyai pengalaman lebih dari

sepuluh tahun dalam menekuni bidang elektronika khususnya robotika yang juga anggota MGMP Elektronika Kabupaten Sampang. Adapun tabel data pengelompokan kategori ahli media dan ahli materi dapat dilihat pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Data pengelompokan kategori ahli media (Suharsimi, A, 2010)

No	Aspek	Rentang Skor	Kategori
1	Aspek Kemanfaatan	$26 \leq S \leq 32$	Sangat Layak
		$20 < S \leq 26$	Layak
		$14 < S \leq 20$	Cukup Layak
		$8 < S \leq 14$	Kurang Layak
2	Aspek Rekayasa perangkat lunak dan keras	$35,75 \leq S \leq 44$	Sangat Layak
		$27,5 < S \leq 35,75$	Layak
		$19,25 < S \leq 27,5$	Cukup Layak
		$11 < S \leq 19,25$	Kurang Layak
3	Aspek Komunikasi Visual	$13 \leq S \leq 16$	Sangat Layak
		$10 < S \leq 13$	Layak
		$7 < S \leq 10$	Cukup Layak
		$4 < S \leq 7$	Kurang Layak
4	Total Semua Aspek	$74,75 \leq S \leq 92$	Sangat Layak
		$57,5 < S \leq 74,75$	Layak
		$40,25 < S \leq 57,5$	Cukup Layak
		$23 < S \leq 40,25$	Kurang Layak

Tabel 2. Data pengelompokan kategori ahli materi (Suharsimi, A, 2010)

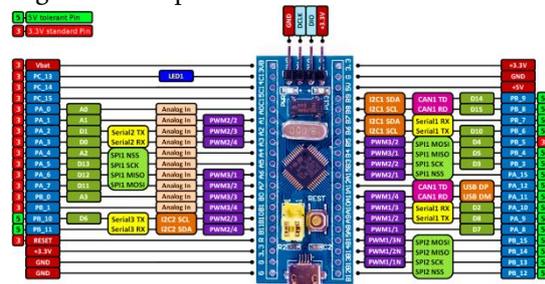
No	Aspek	Rentang Skor	Kategori
1	Aspek Relevansi Materi	$39 \leq S \leq 48$	Sangat Layak
		$30 < S \leq 39$	Layak
		$21 < S \leq 30$	Cukup Layak
		$12 < S \leq 21$	Kurang Layak
2	Aspek Teknik Media Pembelajaran	$19,5 \leq S \leq 24$	Sangat Layak
		$15 < S \leq 19,5$	Layak
		$10,5 < S \leq 15$	Cukup Layak
		$6 < S \leq 10,5$	Kurang Layak
4	Total Semua Aspek	$58,5 \leq S \leq 72$	Sangat Layak
		$45 < S \leq 58,5$	Layak
		$36 < S \leq 45$	Cukup Layak
		$18 < S \leq 36$	Kurang Layak

3. Hasil dan Pembahasan

Data hasil pengembangan dengan menggunakan model ADDIE sebagai berikut: prosedur analisis meliputi pemeriksaan hasil observasi dan wawancara dengan menggunakan metode pendekatan kualitatif. Para peneliti mengidentifikasi beberapa masalah dalam analisis kebutuhan: (1) Kebutuhan sebuah mikrokontroler yang handal untuk mengolah data analog dari sensor photodiode yang nantinya ditampilkan ke sebuah display LCD 16x2 dan kendali motor DC yang sudah berbentuk modul elektronik sehingga kendali motor DC tersebut bisa langsung *plug and play* yang diubah dari analog ke digital, (2) Syaratnya adalah adanya program yang memungkinkan siswa SMK kompetensi Teknik Elektronika Industri dapat mengakses mikrokontroler dengan

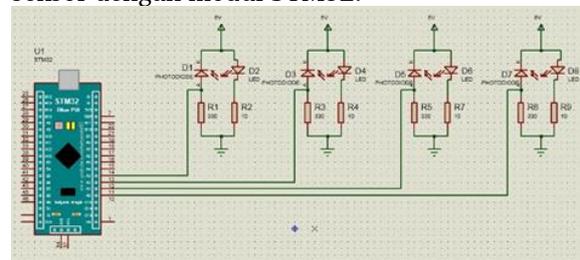
mudah, dan (3) Masih terbatasnya media pembelajaran berupa modul ajar yang masih menggunakan modul ajar robot *line follower* analog.

Tahap perencanaan meliputi pembuatan desain *trainer* yang berkaitan dengan bahan ajar yang digunakan untuk pengajaran Pengendalian Sistem Robotik di SMK Kabupaten Sampang. Hasil dari tahap desain ini meliputi desain perangkat keras, desain perangkat lunak, dan desain modul pelatihan. Perancangan perangkat keras terdiri dari pengontrol, sensor, aktuator penggerak, dan mekanik robot. Kontroler yang digunakan adalah modul STM32 termasuk mikroprosesor ARM Cortex 32, seperti yang digambarkan pada Gambar 1.



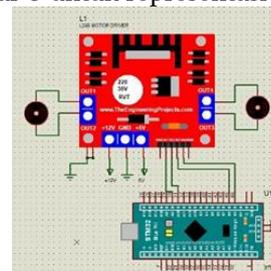
Gambar 1. Modul STM32

Sensors yang digunakan dalam robot *line follower* berbasis STM32 adalah sensor photodiode, gambar 2 merupakan hasil *design* sensor dengan modul STM32.



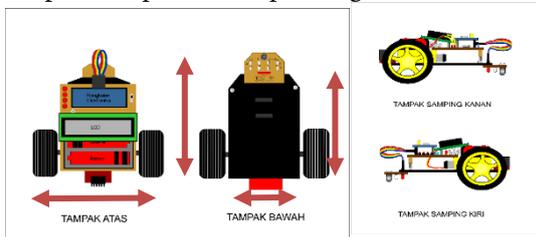
Gambar 2. Sensor dan STM32

Driver Digunakan sebagai penggerak untuk mengendalikan motor DC. Sistem penggerak motor ini memanfaatkan konfigurasi H-Bridge. Modul driver L298N, yang menggabungkan sistem H-Bridge, menampung driver aktuator. Lihat Gambar 3 untuk representasi visual.



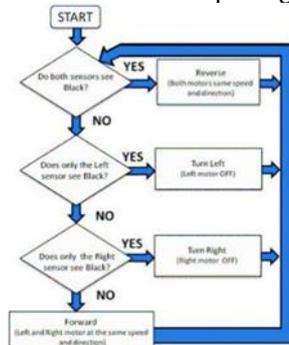
Gambar 3. driver dan STM32

Dalam perancangan mekanik robot *line follower* berbasis STM32 menggunakan program CAD 2 dimensi. Perancangan mekanik diperlukan agar tampilan robot dapat direncanakan sedemikian rupa sehingga menghasilkan desain yang *compact*. Dapat dilihat pada gambar 4



Gambar 4. Mekanik robot

Mengembangkan arsitektur perangkat lunak robot *line follower* berbasis mikrokontroler STM32 dengan menggunakan bahasa pemrograman C++. Terlihat pada gambar 5

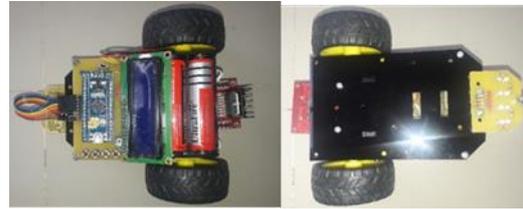


Gambar 5. flowchart

Proses pembuatan modul pembelajaran bagi siswa dengan menggunakan alat latih robot *line follower* berbasis STM32 meliputi: (1). Sekilas tentang robot *line follower*, (2). Perancangan robot yang mengikuti garis, (3). Pemasangan dan pengoperasian robot *line following* oleh siswa. Lembar kerja dan spesifikasi robot *line follower*. Serta siswa akan diberikan soal sebelum tes dan pasca tes

Dalam proses mengembangkan *trainer* untuk robot *line follower* menggunakan mikrokontroler STM32. Langkah ini mencakup tiga operasi berbeda, yaitu: (1) pemasangan komponen perangkat keras, (2) pengembangan program perangkat lunak untuk mengoperasikan robot *line follower*, dan (3) instruksi modul. Pemasangan perangkat keras: Perangkat keras robot disusun sesuai dengan desain yang diuraikan dalam perencanaan mekanis robot. Pelatih robot *line follower* dilengkapi penempatan komponen seperti pengontrol STM32, rangkaian LCD I2C 16x2, dan baterai di atas badan robot, dengan tinggi 2 cm. Motor DC dan modul L298N dipasang langsung pada bodi robot untuk memastikan tampilannya kompak. Secara

bersamaan, modul sensor garis, termasuk empat sensor fotodiode, ditempatkan di bawah tubuh robot untuk memungkinkan pendeteksian garis yang akan dilalui robot. Gambar 6 memberikan informasi tambahan.



Gambar 6. Hasil pemasangan perangkat keras

Pengembangan perangkat lunak pelatih robot *line follower* berbasis STM32 menggunakan bahasa pemrograman C++ dengan software Arduino IDE. Pemilihan penggunaan software arduino ide dikarenakan *software* tersebut bersifat open source sehingga dalam perancangan *software* nantinya tidak terkendala dengan lisensi. Adapun program yang ditanamkan pada robot *line follower* berbasis STM32 adalah sebagai berikut: (1). Konfigurasi pin-pin pada Mikrokontroler STM32, (2). Program pembacaan *sensors*, dan (3). Program kendali motor dengan pendekatan PID. Pada pembuatan modul ajar siswa harus sesuai dengan silabus/capaian mata pelajaran Pengendali Sistem Robotik yang menggunakan kurikulum merdeka.

Pada tahap Implementasi ujian awal merupakan ujian tahap terbatas yang dilakukan oleh siswa yang dipilih berdasarkan tingkat kompetensi yang memuaskan yang ditunjukkan oleh nilai rapornya. Uji coba ekstensif dilakukan untuk menilai kepraktisan media *trainer* robot *line follower* berbasis STM32. Tujuannya adalah untuk mengevaluasi kinerja pelatih dalam skenario otentik. Eksperimen kelompok ekstensif ini dilakukan di ruang kelas.

Tahap selanjutnya adalah evaluasi, produk dinilai melalui uji coba kelompok kecil dan uji coba kelompok besar yang sering disebut dengan uji lapangan. Data yang diperoleh berupa gagasan perbaikan dan kekurangan pada media *trainer* robot *line follower* berbasis STM32. Beberapa siswa mengungkapkan ketidakpuasannya terhadap ketiadaan media dengan menunjukkan permasalahan seperti gerakan robot yang tiba-tiba ke kiri atau ke kanan, ketidakjelasan fungsi sistem, dan perlunya penjelasan lebih lanjut mengenai tombol pengaturan untuk berbelok ke kanan, kiri, dan lurus.

Data evaluasi produk dapat menjadi bahan revisi media *trainer* robot *line follower* berbasis STM32. Revisi dilakukan sesuai dengan masukan

yang diberikan oleh pakar media, pakar materi pelajaran, peer reviewer, dan mahasiswa. Hasil validasi melalui penilaian ahli media menghasilkan kesimpulan berdasarkan tiga aspek khusus, yaitu Aspek Kegunaan, Aspek Rekayasa, dan Aspek Komunikasi Visual. Berdasarkan penilaian terhadap ketiga faktor tersebut yang dilakukan oleh seorang guru yang memimpin MGMP elektronika Kabupaten Sampang dan seorang guru mata pelajaran khusus sistem robotik, diperoleh nilai rata-rata keseluruhan uji kualifikasi ahli media adalah 85,5 yang termasuk dalam kategori “Sangat Layak”. Penilaian ahli materi menghasilkan kesimpulan berdasarkan dua unsur, yaitu relevansi materi dan ciri teknis media pembelajaran. Berdasarkan penilaian terhadap kedua faktor tersebut yang dilakukan oleh salah satu instruktur yang memimpin MGMP elektronika Kabupaten Sampang dan seorang guru spesialis pengendalian sistem robotik, diperoleh hasil rata-rata keseluruhan uji kualifikasi ahli materi sebesar 65,5 yang termasuk dalam kategori “Sangat Layak”. Hasilnya diperoleh dari penilaian peer viewer yang mengevaluasi tiga aspek spesifik: Kegunaan, Teknik, dan Komunikasi Visual. Berdasarkan penilaian ketiga faktor tersebut, yang dinilai oleh dua orang instruktur yang merupakan guru lintas mata pelajaran bidang Teknik Elektronika Industri, diperoleh nilai rata-rata keseluruhan uji kelayakan ahli media adalah 83, termasuk dalam kategori “Sangat Layak”.

Hasil pengujian reliabilitas dan validitas untuk instrumen kelaikan media pembelajaran dengan jumlah responden 68 diperoleh $r_{tabel} = 0,2012$ untuk taraf signifikansi sebesar 0,05 maka, dalam uji reliabilitas peneliti menggunakan metode split-half. Koefisien yang diperoleh sebesar 0,983. Dan itu menunjukkan bahwa reliabilitas sangat tinggi. Sedangkan untuk uji validitas rerata skor koefisien jenis media memperoleh 0,591 dan jenis materi memperoleh 0,63. Sehingga validitas instrumen yang berjumlah 16 item pernyataan semua valid.

Data hasil respon siswa pada uji coba skala kecil terdiri dari 5 siswa, meliputi 1 siswa SMK Negeri 1 Tambelangan, 3 siswa SMK Negeri 1 Sampang, dan 1 siswa SMK Swasta Darul Ijtihad. Seluruh siswa diikutsertakan pada kelas berbasis STM32 dan dinilai berdasarkan dua aspek yaitu media dan materi. Dalam uji kelompok kecil dengan rerata skor 46,6 dengan kategori layak sedangkan dalam uji kelompok besar dapat dilihat pada tabel 3.

Belajar siswa setelah penerapan perangkat pembelajaran yang dikembangkan digunakan sebagai data hasil belajar siswa. Sebuah studi

eksperimental dilakukan pada subjek kontrol sistem robot, yang melibatkan total 68 siswa. Siswa-siswi tersebut tersebar di tiga lembaga pendidikan yakni SMK Negeri 1 Tambelangan 15 orang, SMK Negeri 1 Sampang 33 orang, dan SMK Swasta Darul Ijtihad sebanyak 20 orang. Adapun hasil pre-test dan post-test dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 3. Hasil uji kelompok besar.

No	Nama Sekolah	Jumlah Siswa	Rerata Skor		Total Rerata Skor	Kategori
			Aspek Media	Aspek Materi		
1	SMK Negeri 1 Tambelangan	15	22,33	28,47	50,8	Layak
2	SMK Negeri 1 Sampang	33	22,52	28,67	51,18	Layak
3	SMKS Darul Ijtihad	20	22,2	28,4	50,6	Layak

Untuk menilai dampak terhadap hasil

Tabel 4. Hasil pre-test dan post-test

Nama Sekolah	Nilai Rerata	
	Pre-Test	Post-Test
SMKN 1 Tambelangan	56,00	89,07
SMKN 1 Sampang	55,47	89,60
SMKS Darul Ijtihad	52,53	89,33

Media pembelajaran robot *line follower* dikembangkan untuk menjawab rumusan masalah dan kebutuhan media pembelajaran pada Pengendalian Sistem Robotik kelas XII dengan fokus pada kemampuan dasar penerapan sistem robot bergerak. Dengan menggunakan keterampilan dasar dan observasi yang dilakukan di SMK Kabupaten Sampang, maka dibuatlah suatu pengembangan yang menjadi landasan terciptanya materi pembelajaran robot *line follower* berbasis STM32 pada bidang Pengendalian Sistem Robot. Landasan pembuatan materi edukasi pembelajaran robot *line follower* menggunakan teknologi STM32 pada Pengendalian Sistem Robot terdiri dari: (1). Pengembangan komponen sensor dari sensor LDR-Led dikembangkan menjadi modul sensor photodiode yang lebih praktis dan handal, (2). Pengembangan penggunaan mikrokontroler Cortex ARM 32 atau yang lebih dikenal dengan STM32 untuk menggantikan kontroler analog yang membutuhkan komponen op-amp sebagai komparator sehingga proses deteksi sensor masih lambat, (3). Pemanfaatan mikrokontroler memungkinkan pengaturan kecepatan motor DC melalui penerapan Pulse Wide Modulation (PWM) pada saat kendaraan bergerak lurus, belok kanan, dan belok kiri. Sistem kendali ini menggunakan mekanisme PID (Proporsional, Integral, dan Diferensial) dengan parameter sebagai berikut: P = 12, integral = 0, D = 30,

dan (4). Proses pengembangannya menggunakan bahasa pemrograman C++ melalui pemanfaatan perangkat lunak Arduino Ide yang memiliki lisensi terbuka. Teks yang disediakan berisi kode sumber sistem robot *line follower* yang dibangun menggunakan mikrokontroler STM 32. Gambar 7 menampilkan hasil proses.



Gambar 7. Pengembangan robot *line follower*

Unjuk kerja produk pada robot *line follower* berbasis STM32 terdapat beberapa blok pengujian sistem robot *line follower* tersebut. Pengujian blok sensor dengan mengukur tegangan sensor disaat track lurus, belok kanan dan belok kiri dengan kontroller sudah terisi program, hasil pengukuran, untuk logika 0 maka tegangan interval yang keluar dari sensor sebesar 0 – 1,5volt sedangkan untuk logika 1 maka tegangan interval yang keluar dari sensor sebesar 1,6 – 5volt. Sehingga dari data diatas diperoleh untuk track lurus mempunyai logika 0110, track belok kanan 0011, sedangkan track belok kiri 1100., pengujian Blok *driver* motor DC dengan mengukur tegangan yang masuk pada motor DC disaat track lurus, belok kanan dan belok kiri dengan kontroller sudah terisi dengan program. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengujian motor DC

No	Track	Hasil Pengujian Motor (Volt)	
		Kanan	Kiri
1	Lurus	4,9	5
2	Belok Kanan	3,8	2,2
3	Belok Kiri	2,3	3,5

Untuk pengujian kendali motor DC, Nilai PWM yang dihasilkan untuk memutar motor berbanding lurus dengan ketidaktepatan posisi dan ditentukan dengan menggunakan kontrol PID (Fatchurrohman, F.A. 2014). Tabel 6 menampilkan hasil pengujian.

Data analisis hasil belajar siswa dari tiga sekolah khusus teknik elektronika industri yaitu SMK Negeri 1 Tambelangan, SMK Negeri 1 Sampang, dan SMK swasta Darul Ijtihad dinilai menggunakan alat latih robot *line follower*

berbasis STM32. Dapat dilihat pada tabel 7 berikut ini

Tabel 6. Pengujian PID

Error	P	I	D	Speed	Move	L	R	LPWM	RPWM
-11	12	0	30	110	-462	-352	572	-255	255
-9	12	0	30	110	-378	-268	488	-255	255
-7	12	0	30	110	-294	-184	404	-184	255
-5	12	0	30	110	-210	-100	320	-100	255
-3	12	0	30	110	-126	-16	236	-16	236
-2	12	0	30	110	-84	26	194	26	194
-1	12	0	30	110	-42	68	152	68	152
0	12	0	30	110	0	110	110	110	110
1	12	0	30	110	42	152	68	152	68
2	12	0	30	110	84	194	26	194	26
3	12	0	30	110	126	236	-16	236	-16
5	12	0	30	110	210	320	-100	255	-100
7	12	0	30	110	294	404	-184	255	-184
9	12	0	30	110	378	488	-268	255	-255
11	12	0	30	110	462	572	-352	255	-255

Tabel 7. Analisis hasil belajar

Nama Sekolah	Nilai Rerata		Selisih rata-rata (%)
	Pre-Test	Post-Test	
SMKN 1 Tambelangan	56,00	89,07	75,36
SMKN 1 Sampang	55,47	89,60	76,63
SMKS Darul Ijtihad	52,53	89,33	76,63
total	54,67	89,33	76,21

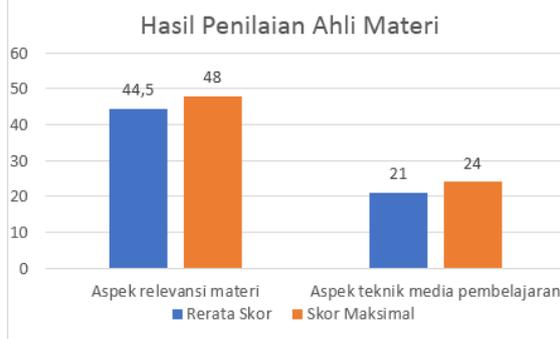
Berdasarkan data di atas, terdapat kesenjangan yang terlihat antara pra-implementation dan pasca-implementation media robot *line follower*. Nilai signifikansi dua sisi (sig) yang dicapai sebesar 0,000, kurang dari kriteria signifikansi sebesar 0,05. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa hipotesis nol (H0) ditolak dan hipotesis alternatif (H1) diterima. Secara sederhana terdapat perbedaan hasil belajar siswa SMK Kabupaten Sampang sebelum dan sesudah menggunakan alat *trainer* robot *line follower* berbasis STM32.

Hasil analisis kelayakan produk berdasarkan temuan uji kelayakan, pakar media mendapat nilai 29 untuk unsur kegunaan dan masuk dalam kategori sangat layak. Aspek teknik mendapat skor 40,5 juga masuk dalam kategori sangat layak. Terakhir, aspek komunikasi visual mendapat nilai 16 yang juga masuk dalam kategori sangat layak, seperti terlihat pada gambar 8.



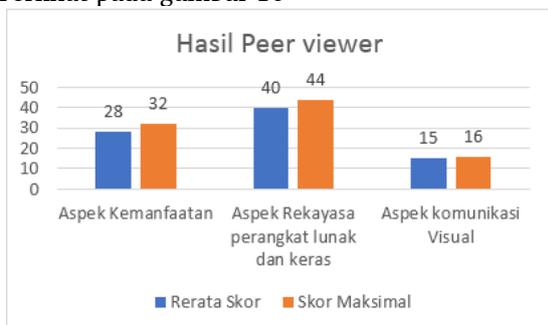
Gambar 8. Grafik penilaian kelayakan ahli media

Berdasarkan data yang diperoleh dari temuan kelayakan yang diberikan oleh ahli materi, aspek relevansi materi memperoleh skor rata-rata 44,5 yang masuk dalam kategori sangat terpuji. Di sisi lain, komponen teknik media pembelajaran memperoleh skor rata-rata 21 juga masuk dalam kategori sangat terpuji. Terlihat pada gambar 9



Gambar 9. Grafik penilaian kelaikan ahli materi

Berdasarkan data peer viewer yang dikumpulkan, aspek kegunaan mendapat skor 28, termasuk dalam kategori sangat layak. Begitu pula dengan aspek keteknikan yang mendapat nilai 40, juga masuk dalam kategori sangat layak. Sedangkan unsur komunikasi visual mendapat nilai 15 dan masuk dalam kategori sangat layak. Terlihat pada gambar 10



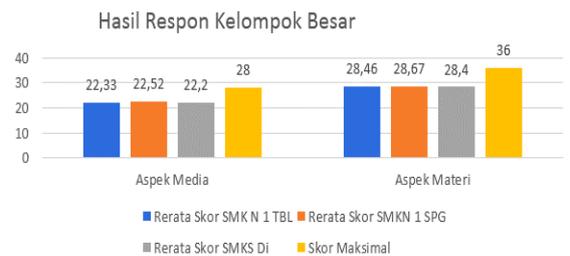
Gambar 10. Grafik penilaian kelaikan peer viewer

Uji coba dengan 5 orang siswa dari kelas tersebut Berdasarkan hasil penilaian, unsur media mendapat nilai 20,6 sehingga termasuk dalam kategori layak. Begitu pula pada aspek materi yang mendapat nilai 26, juga termasuk dalam kategori layak. Terlihat pada gambar 11



Gambar 11. Grafik respon kelompok kecil

Berdasarkan data yang dikumpulkan dari respon kelompok besar, aspek media SMK Negeri 1 Tambelangan mendapat skor 22,33, SMK Negeri 1 Sampang mendapat skor 22,52, dan SMK Swasta Darul Ijtihad mendapat skor 22,2, semuanya termasuk dalam kategori yang sesuai. Sedangkan aspek materi SMK Negeri 1 Tambelangan mendapat nilai 28,46, SMK Negeri 1 Sampang mendapat nilai 28,67, dan SMK Swasta Darul Ijtihad mendapat nilai 28,4, semuanya berpredikat kategori layak. Terlihat pada gambar 12



Gambar 12. Grafik respon kelompok besar

4. Simpulan dan Saran

Berdasarkan hasil pengembangan Media robot *line follower* berbasis STM32, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

- Media Pembelajaran Robot *line follower* dikembangkan dengan teknik ADDIE yang terdiri dari Analisis, Perancangan, Pengembangan, Implementasi, dan Evaluasi, dengan mikrokontroler STM32 sebagai landasannya. Sistem robot terdiri dari sistem mekanik, sistem elektronik, dan sistem perangkat lunak. Sistem mekanis terdiri dari struktur fisik robot *line follower*. Sistem elektronik terdiri dari pengontrol Cortex ARM 32, sensor garis fotodioda, dan Driver Motor DC. Sistem perangkat lunak terdiri dari kode program kendali PID, Jalur Lurus, dan Jalur Belok. Pelatih robot *line follower* mampu melakukan gerakan linier sepanjang lintasan yang telah ditentukan, serta melakukan belokan ke kanan dan ke kiri.
- Kinerja praktis untuk media pembelajaran *trainer* robot *line follower* berdasar hasil uji coba blok sensor, blok motor DC dan kendali motor DC sesuai dengan yang diharapkan oleh peneliti dimana tegangan untuk blok sensor yang mendeteksi garis hitam dengan track lurus, belok kanan dan belok kiri rata-rata sebesar 3,2 volt, untuk blok motor DC tegangan keluarannya rata-rata sebesar 3,4 Volt untuk track lurus, belok kanan dan belok kiri. Sedangkan kendali Motor DC dengan settingan Proporsional = 12, Integral = 0 dan Differensial = 30.

3. Pemanfaatan media robot *line follower* memberikan peningkatan hasil belajar siswa yang signifikan. Rata-rata pretest sebesar 55,41 meningkat menjadi 89,71, atau terjadi peningkatan sebesar 76,88%.
4. Kelayakan media pembelajaran *trainer robot line follower* ditentukan oleh evaluasi yang dilakukan oleh ahli media dengan hasil kategori “sangat layak”, ahli materi dengan hasil kategori “sangat layak”, peer reviewer dengan hasil kategori “sangat layak”, sedangkan uji coba kelompok kecil, dan uji lapangan menghasilkan kategori "layak"..

Hasil penelitian memberikan rekomendasi penelitian bahwa perlu dibuat alat edukasi robot *line follower* yang dapat dimanfaatkan di sekolah untuk pengajaran mata pelajaran seperti *embedded system* dan implementasi rangkaian elektronika robot *line follower*.

Daftar Pustaka

- Arief S, S. M. (2011). *Media Pendidikan Pengertian, pengembangan dan pemanfaatan*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Azhar Arsyad. (2011). *Media Pembelajaran*. rev. ed. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Daryanto. (2010). *Media Pembelajaran: Peranannya sangat penting dalam mencapai tujuan pembelajaran*. Yogyakarta: PT Remaja Rosdakarya.
- Deni Darmawan. (2014). *Inovasi pendidikan pendekatan praktik teknologi multimedia dan pembelajaran on-line*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Eko Putro, W. (2009). *Evaluasi Program Pembelajaran*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Emzir. (2015). *Metodologi Penelitian Pendidikan: kuantitatif dan kualitatif*. rev.ed. Jakarta: Rajawali pers.
- Fahmi, N.W, & Zuhrie, S.M. (2021). Pengembangan *trainer robot transporter* dan pemadam api *line follower* berbasis arduino nano sebagai media pembelajaran pada mata pelajaran pengendali sistem robotik di SMK Negeri 1 Tambelangan. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 123-133.
- Fatchurrohman, FA. (2014). *Robot line follower PID sebagai media pembelajaran aplikasi mikrokontroler di jurusan teknik elektronika fakultas teknik universitas negeri yogyakarta*. Yogyakarta: Perpus UNY.
- Harianto, M, & Santosa, B.A. (2019). Pengembangan *trainer robot line follower* berbasis mikrokontroler arduino untuk mata pelajaran mikroprosesor dan mikrokontroler di SMK Negeri 1 Driyorejo. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 261-267.
- Nana Sudjana, & Drs. Ibrahim, MA. (2013). *Media Pengajaran*. Bandung: Sinar Baru Algesindo.
- Robert Maribe Branch. (2009). *instructional design: The ADDIE Approach*. USA: Springer Science Business Media.
- Rudi Susilana. (2008). *Media Pembelajaran*. Bandung: Jurusan Kurtekipend FIP UI.
- Setiawan, Aji. (2011). *Line follower robot sebagai media pembelajaran pada study club robotika di SMK Negeri 3 Yogyakarta*. Yogyakarta: PPs UNY.
- Suharsimi, A. (2010). *Prosedur penelitian suatu pendekatan praktek*. Jakarta: Rineka Cipta
- Sujito,S, Sendari,S, Elmunsyah,H, Jiono, M, Santika Agustin, R, & Tahfidul Azmi, M. (2021). Pengembangan robot *line follower* dan revitalisasi pembelajaran abad 21 menuju era society 5.0 di SMK Negeri 1 Kras Kediri. *Seminar Nasional Pemberdayaan Masyarakat* (hal. 220-225). Riau: LPPM Universitas Riau.