

Penerapan Proyek Elektronika Dalam Pembelajaran Kokurikuler Untuk Mendukung *Deep Learning* Siswa SMAN 9 Pekanbaru

Farhan Akbar¹, Aulya Agustina¹, Ramadhaniah¹, Mohammad Ravi Akhbar¹, Muhammad Vharel
Arthamena¹, Retno Tri Wahyuni^{1*}, Zainal Arifin Renaldo²

¹Politeknik Caltex Riau, Teknologi Rekayasa Sistem Elektronika, email: farhan23trse@mahasiswa.pcr.ac.id

²Politeknik Caltex Riau, Hubungan Masyarakat dan Komunikasi Digital, email: zainal@pcr.ac.id

*Email corresponding author

Abstrak

Peningkatan kualitas sumber daya manusia merupakan prioritas nasional sebagaimana tercantum dalam Asta Cita ke-4 dan sejalan dengan SDG 4 tentang pendidikan berkualitas. Penguatan keterampilan abad ke-21 menuntut pembelajaran yang kontekstual, kolaboratif, dan bermakna. Program PKM-PM Pentaforge dilaksanakan untuk menjawab tantangan pembelajaran Fisika dan TIK di SMA Negeri 9 Pekanbaru yang masih didominasi oleh metode teoritis dan minim media praktik. Program ini mengintegrasikan Project-Based Learning (PjBL) dan prinsip deep learning melalui pelatihan dan pendampingan berbasis proyek elektronika. Kegiatan berlangsung Mei–Oktober 2025 melalui tahap persiapan, pelaksanaan, dan evaluasi. Luaran program berupa dua set alat peraga (delapan model), 50 training kit, empat video pembelajaran, dan satu modul praktik. Pelatihan ToT Mentor Sebaya diikuti oleh 25 siswa dan dua guru, dilanjutkan dengan implementasi proyek kokurikuler Fisika–TIK di sekolah. Hasil evaluasi menunjukkan peningkatan kemampuan teknis dan pemahaman konsep; 72% peserta menilai pelatihan interaktif dan 53,7% siswa menyatakan kegiatan relevan dengan pembelajaran. Selain itu, kegiatan memperkuat soft skills seperti komunikasi, kolaborasi, dan kepemimpinan. Secara keseluruhan, program ini efektif meningkatkan kualitas pembelajaran, memberdayakan guru, dan membangun ekosistem pembelajaran berbasis proyek yang berkelanjutan. Kegiatan ini memberikan kontribusi nyata terhadap pencapaian Asta Cita ke-4 dan SDG 4 melalui pendidikan berbasis teknologi yang inklusif dan inovatif.

Kata kunci: *Project Based Learning; Deep Learning; Kokurikuler; Proyek Elektronika; SDG 4*

Abstract

Improving human resource quality is a national priority, as stated in Asta Cita Goal 4 and aligned with SDG 4 on quality education. Strengthening 21st-century skills requires learning that is contextual, collaborative, and meaningful. The PKM-PM Pentaforge program was implemented to address challenges in Physics and ICT learning at SMA Negeri 9 Pekanbaru, which remains dominated by theoretical methods and lacks practical learning media. This program integrates Project-Based Learning (PjBL) and deep-learning principles through training and mentoring activities based on electronic project applications. The activities were carried out from May to October 2025 through the stages of preparation, implementation, and evaluation. The program outputs included two sets of teaching aids (eight models), 50 training kits, four instructional videos, and one practical module. The ToT “Mentor Sebaya” training involved 25 students and two teachers, followed by the implementation of Physics–ICT cocurricular projects at the school. Evaluation results demonstrated improvements in students’ technical skills and conceptual understanding; 72%

of participants found the training interactive, and 53.7% of students stated that the activities were relevant to their learning. Additionally, the program strengthened soft skills, including communication, collaboration, and leadership. Overall, the program effectively enhanced learning quality, empowered teachers, and built a sustainable project-based learning ecosystem. It provides tangible contributions to achieving Asta Cita Goal 4 and SDG 4 through inclusive, technology-based education.

Keywords: Project-Based Learning; Deep Learning; Cocurricular; Electronics Project; SDG 4

Article History:

Submitted : 13-11-2025

Accepted : 02-09-2026

Published : 30-09-2026

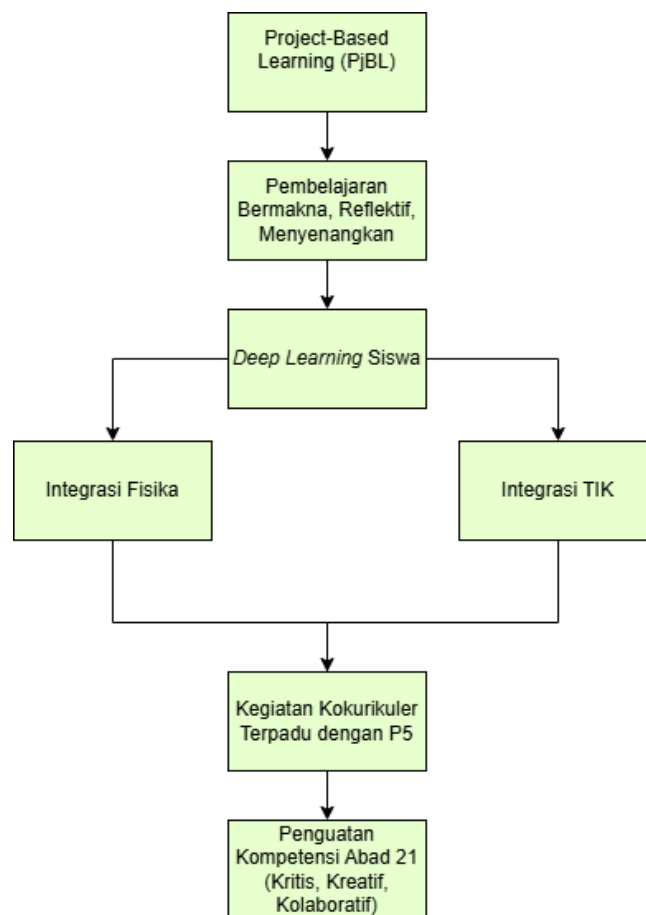
1. Pendahuluan

Peningkatan kualitas sumber daya manusia merupakan salah satu prioritas pembangunan nasional sebagaimana tertuang dalam Asta Cita ke-4, yaitu mewujudkan sumber daya manusia unggul dan produktif yang mampu bersaing di tingkat global. Tujuan ini sejalan dengan agenda global *Sustainable Development Goal (SDG)* 4 yang menekankan pentingnya pemerataan akses terhadap pendidikan yang inklusif dan berkualitas guna mendukung pembelajaran sepanjang hayat bagi semua kalangan. Kedua arah kebijakan tersebut menegaskan pentingnya penguatan keterampilan abad ke-21, yang meliputi kemampuan berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan komunikatif (*4C skills*) sebagai fondasi pembelajaran di era transformasi digital. Terkait dengan pengembangan bidang sains dan teknologi, temuan dalam studi Ilma et al. (2024) menunjukkan bahwa penerapan pendidikan berbasis STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) di Indonesia berkontribusi signifikan terhadap pengembangan keterampilan abad ke-21 melalui pembelajaran yang menekankan integrasi konsep lintas disiplin, pemecahan masalah, dan inovasi [1].

Salah satu pendekatan yang efektif dalam mengembangkan keterampilan tersebut adalah Project-Based Learning (PjBL), yang menempatkan siswa sebagai subjek aktif dalam perancangan dan pelaksanaan proyek nyata [2]. Pendekatan ini mendorong keterlibatan langsung siswa, penguatan konsep, serta pengembangan kemampuan berpikir tingkat tinggi yang menjadi dasar pembelajaran mendalam (*deep learning*) [3]. Hal ini sejalan dengan temuan Astutik et al. (2025) yang menegaskan bahwa integrasi PjBL dengan pendekatan STEM secara signifikan meningkatkan kemampuan berpikir kritis dalam pembelajaran sains [4]. Implementasi pembelajaran berbasis proyek juga dapat diperkuat melalui pemanfaatan media teknologi seperti robotika dan mikrokontroler. Khamdi dan Akhyan (2025) menunjukkan bahwa penggunaan modul arm robot berbasis mikrokontroler sebagai media praktikum mampu meningkatkan antusiasme siswa serta membantu memahami konsep pemrograman dan sistem kontrol secara lebih aplikatif [5]. Dalam konteks yang sama, penelitian mengenai pelatihan IoT di SMAN 3 Pekanbaru menunjukkan bahwa pengembangan modul dan pelatihan berbasis teknologi dapat mendukung implementasi P5 Rekayasa Teknologi serta meningkatkan literasi digital guru dan siswa [6].

Dalam konteks pendidikan, *deep learning* dipahami sebagai proses pembelajaran yang bermakna, reflektif, dan menyenangkan. Melalui pendekatan ini, peserta didik terdorong untuk memahami makna dari proses belajar, terlibat secara sadar, serta menikmati pengalaman belajar yang menumbuhkan pemahaman konseptual yang mendalam terhadap materi yang dipelajari [7]. Studi lain juga menunjukkan bahwa pendekatan belajar mendalam berkembang ketika siswa dihadapkan pada aktivitas *problem solving*, eksplorasi konsep, dan keterlibatan aktif dalam proses belajar [8]. Prinsip tersebut sejalan dengan arah kebijakan Kurikulum Merdeka, yang menekankan kemandirian, eksplorasi, serta integrasi antara pengetahuan dan penerapannya dalam konteks nyata melalui kegiatan kokurikuler, sehingga memungkinkan peserta didik memperoleh pengalaman belajar yang bermakna dan berkelanjutan.

Mengingat pentingnya pembelajaran mendalam tersebut, SMA Negeri 9 Pekanbaru aktif menerapkan *Kurikulum Merdeka*. Dalam implementasinya, kegiatan *Projek Penguatan Profil Pelajar Pancasila (P5)* telah menjadi bagian dari kegiatan kokurikuler yang terintegrasi ke dalam proses pembelajaran di kelas. Kegiatan kokurikuler ini bertujuan untuk memperdalam materi intrakurikuler sekaligus mengembangkan keterampilan sosial, emosional, dan berpikir kritis siswa melalui pendekatan pembelajaran mendalam (*deep learning*) [9]. Salah satu bentuk implementasi tersebut dilakukan melalui integrasi mata pelajaran Fisika dan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK), yang memungkinkan siswa menerapkan konsep sains dan teknologi secara langsung dalam proyek terapan.



Gambar 1. Kerangka konseptual kegiatan pelatihan proyek elektronika berbasis PjBL untuk mendukung deep learning siswa

Namun, pelaksanaan kegiatan tersebut masih menghadapi sejumlah tantangan, di antaranya keterbatasan media pembelajaran interaktif, kurangnya perangkat peraga, serta minimnya keterampilan guru dan siswa dalam bidang rekayasa teknologi. Kondisi ini menyebabkan pembelajaran Fisika dan TIK masih cenderung bersifat teoritis dan belum sepenuhnya mendukung terbentuknya *deep learning*.

Untuk menjawab permasalahan tersebut, tim PKM-PM Pentaforge dari Politeknik Caltex Riau melaksanakan program pelatihan dan pendampingan berbasis proyek elektronika dengan pendekatan *Project-Based Learning*. Program ini mengintegrasikan konsep fisika dan TIK melalui pembelajaran kokurikuler rekayasa teknologi dengan pengembangan media interaktif berbasis mikrokontroler dan *Internet of Things (IoT)*. Kegiatan meliputi pelatihan guru dan siswa, penyusunan modul praktik, pembuatan video pembelajaran, serta perancangan *training kit* sederhana yang dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan di sekolah.

Tujuan program ini adalah untuk meningkatkan keterampilan praktis guru dan siswa dalam bidang elektronika dan pemrograman, memperkuat implementasi pembelajaran berbasis proyek, serta mendukung terwujudnya *deep learning* yang sejalan dengan semangat *Kurikulum Merdeka*, *Asta Cita* ke-4, dan *SDG 4* tentang pendidikan berkualitas. Program ini diharapkan memberikan dampak jangka panjang berupa peningkatan kompetensi guru, kemandirian siswa, serta tersedianya media pembelajaran yang dapat digunakan dalam kegiatan kokurikuler maupun intrakurikuler. Kebaruan program ini terletak pada penerapan proyek elektronika berbasis mikrokontroler yang dikembangkan melalui sistem mentor sebaya (*peer mentoring*), sehingga kegiatan dapat terus berlanjut secara mandiri di sekolah mitra.

2. Metode

Kegiatan PKM-PM Pentaforge dilaksanakan untuk menjawab permasalahan mitra terkait keterbatasan media pembelajaran berbasis praktik serta rendahnya kemampuan guru dan siswa dalam menerapkan teknologi elektronika pada pembelajaran fisika dan TIK. Program ini menggunakan pendekatan Project-Based Learning (PjBL) yang menekankan pengalaman langsung, kolaborasi, dan pembelajaran bermakna. Seluruh rangkaian kegiatan berlangsung pada Mei–Oktober 2025 dan melibatkan dosen serta mahasiswa Politeknik Caltex Riau bersama guru dan siswa SMAN 9 Pekanbaru.

Pelaksanaan program terdiri atas tiga tahapan: persiapan, pelaksanaan, dan evaluasi yang terangkum pada Tabel 1. Pada tahap persiapan, tim PKM melakukan koordinasi internal untuk pembagian tugas, penyusunan jadwal, dan perancangan materi. Koordinasi eksternal dilakukan dengan sekolah mitra untuk memastikan kesesuaian program dengan kebutuhan sekolah dan kurikulum. Kegiatan awal berupa Focus Group Discussion (FGD) bersama MGMP TIK Kota Pekanbaru (1 Agustus 2025), yang memberikan masukan mengenai pengembangan media pembelajaran berbasis mikrokontroler sesuai karakteristik siswa SMA. Hasil FGD digunakan sebagai dasar penyusunan modul, video pembelajaran, serta rancangan *training kit*.

Sedangkan tahap pelaksanaan dilakukan pada dua lokasi utama. Training of Trainer (ToT) Mentor Sebaya dilaksanakan di PCR pada 13 September–4 Oktober 2025 (empat pertemuan) dengan peserta 25 siswa terpilih dan dua guru pendamping. Peserta diberikan pelatihan konsep elektronika dasar, pemrograman mikrokontroler, dan strategi berbagi pengetahuan kepada rekan sebaya. Selanjutnya, implementasi kegiatan dilakukan di SMAN 9 Pekanbaru pada 8 Oktober 2025 dengan melibatkan siswa kelas X. Pada tahap ini, mentor sebaya memandu teman-temannya mengerjakan proyek elektronika sederhana menggunakan *training kit* sebagai bagian dari kegiatan kokurikuler Fisika dan TIK.

Tahap evaluasi dilakukan melalui observasi, kuesioner *pre-test* dan *post-test*, serta wawancara dengan guru dan siswa untuk menilai efektivitas program. Hasil evaluasi menunjukkan adanya peningkatan kemampuan siswa dalam memahami penerapan konsep fisika dan TIK melalui proyek elektronika sederhana, serta meningkatnya minat terhadap pembelajaran berbasis proyek.

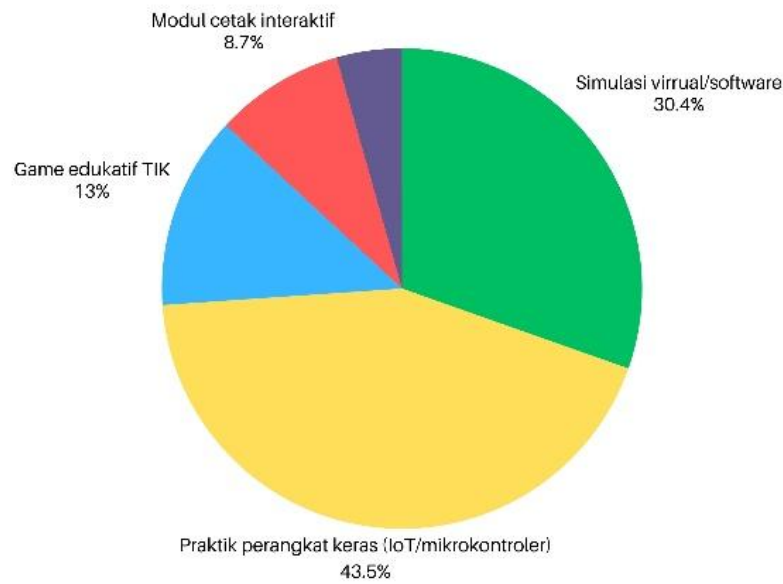
Tabel 1. Tahapan Pelaksanaan dan Keterlibatan Mitra

Tahap Kegiatan	Waktu Pelaksanaan	Lokasi	Kegiatan Utama	Peran Mitra	Luaran
Persiapan	Mei – Juni 2025	PCR & SMAN 9 Pekanbaru	Koordinasi tim, penyusunan jadwal, dan survei awal kebutuhan sekolah	Kepala Sekolah, Guru TIK & Fisika	Rencana kegiatan dan kebutuhan media

Focus Group Discussion (FGD)	1 Agustus 2025	SMAN 9 Pekanbaru	Diskusi dengan MGMP TIK, identifikasi kebutuhan media berbasis mikrokontroler	Guru TIK, MGMP TIK Pekanbaru	Rekomendasi desain media
Pembuatan Media Pembelajaran	Agustus – September 2025	Politeknik Caltex Riau	Pembuatan modul, video pembelajaran, dan <i>training kit</i> berbasis mikrokontroler	Tim mahasiswa & dosen PCR	Modul, video, alat peraga, dan <i>training kit</i>
Pelatihan (ToT) Mentor Sebaya	13 Sept – 4 Okt 2025	Politeknik Caltex Riau	Pelatihan siswa dan guru tentang konsep dan praktik mikrokontroler	25 siswa & 2 guru pendamping	Mentor sebaya dan hasil proyek sederhana
Implementasi pertama di Sekolah	8 Okt 2025	SMAN 9 Pekanbaru	Kegiatan kokurikuler Fisika–TIK berbasis proyek elektronika	Siswa kelas X & guru pembimbing	Penerapan proyek dalam pembelajaran
Evaluasi dan Pendampingan	Okt – Nov 2025	SMAN 9 Pekanbaru & daring	Observasi, dan monitoring kegiatan	Guru & siswa mitra	Data evaluasi dan rekomendasi lanjutan

3. Hasil dan Pembahasan

Program PKM-PM Pentaforge dilaksanakan dengan melibatkan guru dan siswa SMA Negeri 9 Pekanbaru sebagai mitra utama, serta dukungan MGMP TIK se-Kota Pekanbaru pada tahap awal. Pelaksanaan diawali dengan kegiatan Focus Group Discussion (FGD) pada 1 Agustus 2025, yang diikuti oleh 23 guru TIK dari beberapa SMA. Hasil survei menunjukkan bahwa 43,5% guru menilai perangkat keras seperti IoT/mikrokontroler sebagai alat bantu pembelajaran paling menarik, 30,4% memilih simulasi visual/software, dan sisanya menilai perlunya praktik langsung. Data ini memperlihatkan adanya kebutuhan terhadap pembelajaran berbasis proyek dengan pendekatan praktik nyata, khususnya dalam mata pelajaran Fisika dan TIK.



Gambar 2. Saran Media untuk Pembelajaran SMA



Gambar 3. Pelaksanaan FGD bersama guru TIK SMA se-Kota Pekanbaru.

Sebagai tindak lanjut, tim PKM-PM Pentaforge mengembangkan media pembelajaran interaktif berupa 2 set alat peraga (8 model peragaan), 50 paket *training kit*, 4 video pembelajaran, serta 1 modul panduan mitra yang berisi teori, eksperimen, dan integrasi konsep fisika dan TIK. Pengembangan media dilakukan di Laboratorium Politeknik Caltex Riau selama Agustus–September 2025 oleh mahasiswa tim Pentaforge.

Media pembelajaran yang dihasilkan tidak hanya dimanfaatkan oleh sekolah mitra, tetapi juga dapat diakses oleh masyarakat luas melalui kanal digital Pentaforge, sehingga mendukung prinsip keberlanjutan dan pemerataan akses pembelajaran berbasis teknologi. Dengan demikian, media ini menjadi hasil nyata dari program yang dapat digunakan secara berkelanjutan oleh sekolah mitra untuk kegiatan kokurikuler maupun intrakurikuler.



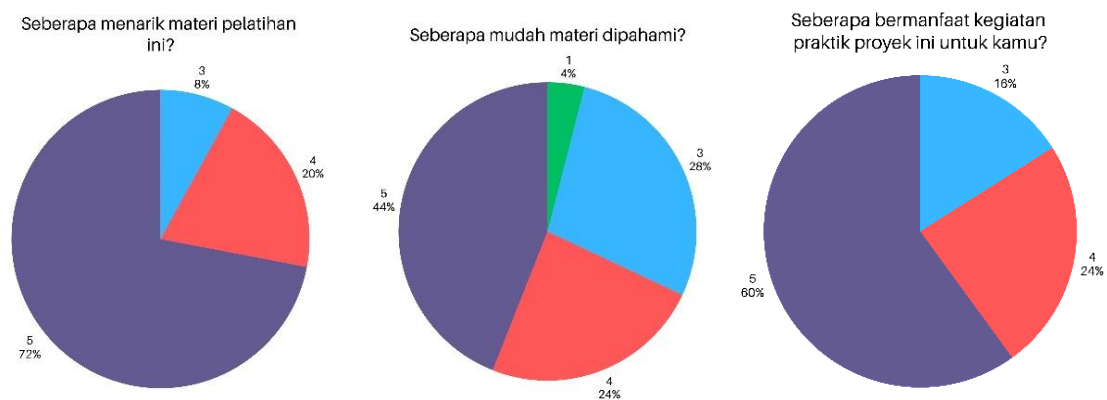
Gambar 4. Pembuatan Media Pembelajaran



Gambar 5. Media Pembelajaran yang Dihasilkan

Tahap ToT “Mentor Sebaya” dilaksanakan di PCR selama empat kali pertemuan (13 September–4 Oktober 2025) dan diikuti oleh 25 siswa serta 2 guru pendamping. Pelatihan meliputi teori elektronika dasar, pemrograman mikrokontroler, dan implementasi IoT sederhana. Selain penguasaan teknis, peserta juga dilatih *soft skill* berupa kemampuan menyampaikan materi dan mempresentasikan hasil proyek di depan kelas, sebagai bekal menjadi mentor sebaya dalam kegiatan implementasi di sekolah.

Hasil kuesioner setelah ToT menunjukkan bahwa 72% peserta menilai pelatihan menarik dan interaktif, 28–44% merasa materi mudah dipahami dan dapat ditransfer ke siswa lain, serta 76% menyatakan kegiatan ini bermanfaat secara langsung dalam meningkatkan kompetensi praktis dan komunikasi.



Gambar 6. Respon Mentor Sebaya Terhadap Kegiatan ToT



Gambar 7. Kegiatan ToT “Mentor Sebaya”

Tahap implementasi dilaksanakan di SMA Negeri 9 Pekanbaru pada 8 Oktober 2025, dengan melibatkan dua kelas X. Pada kegiatan ini, siswa didampingi oleh guru pendamping dan mentor sebaya untuk mempelajari dasar penggunaan mikrokontroler ESP8266, termasuk konfigurasi perangkat, pengenalan sensor dasar, dan pemrograman sederhana menggunakan *Arduino IDE*. Kegiatan ini bertujuan untuk mengenalkan siswa pada prinsip kerja sistem IoT serta menghubungkan konsep fisika dan TIK secara praktis.

Hasil observasi menunjukkan antusiasme tinggi dari peserta, terutama karena kegiatan dilakukan secara praktik langsung dan kolaboratif. Berdasarkan hasil kuesioner implementasi, sekitar 53,7% siswa berpendapat bahwa kegiatan ini bermanfaat dan dapat diimplementasikan dalam mata pelajaran yang mereka pelajari di sekolah, seperti fisika dan TIK. Selain itu, sebagian besar siswa menyatakan kegiatan ini membuat mereka lebih memahami hubungan antara teori pelajaran dan penerapannya di dunia nyata.



Gambar 8. Respon Siswa terhadap kegiatan Praktik di SMAN 9 Pekanbaru

Guru pendamping juga melaporkan peningkatan kepercayaan diri dalam menggunakan media pembelajaran berbasis proyek. Melalui kegiatan ini, guru tidak hanya memahami penerapan *Project-Based Learning* (PjBL), tetapi juga memiliki sumber belajar baru yang dapat diintegrasikan dalam kegiatan kokurikuler maupun intrakurikuler.

Selain peningkatan keterampilan teknis, kegiatan ini memberikan dampak sosial dan pendidikan yang signifikan, seperti: 1) Peningkatan kolaborasi dan komunikasi antarsiswa; 2) Pemberdayaan

guru dalam menerapkan pembelajaran berbasis teknologi; 3) Penguatan soft skill siswa dalam presentasi dan kepemimpinan; 4) Penyediaan media pembelajaran berkelanjutan di sekolah.

Dari sisi keberlanjutan, sekolah mitra telah membentuk Tim Mentor Pentaforge SMAN 9 Pekanbaru untuk melanjutkan penerapan kegiatan kokurikuler berbasis proyek pada mata pelajaran Fisika dan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) ke depannya. Tim ini bertugas mengelola modul, *training kit*, dan video pembelajaran yang telah diserahkan, serta mendampingi guru dalam pelaksanaan kegiatan praktik berbasis mikrokontroler di kelas. Dengan demikian, hasil program dapat terus dimanfaatkan secara mandiri dan berkesinambungan oleh sekolah.

Secara keseluruhan, program ini menunjukkan kinerja yang baik dalam meningkatkan kompetensi teknis dan *soft skill* peserta, memperkuat kapasitas guru dalam pembelajaran berbasis proyek, serta mendukung *Asta Cita* ke-4 dan *Sustainable Development Goal (SDG) 4* melalui pendidikan yang inovatif, kolaboratif, dan berkelanjutan.

4. Kesimpulan

Program PKM-PM Pentaforge berhasil menjawab permasalahan mitra terkait keterbatasan media pembelajaran praktis serta rendahnya keterampilan guru dan siswa dalam menerapkan teknologi elektronika pada pembelajaran fisika dan TIK. Melalui penerapan Project-Based Learning (PjBL) yang dipadukan dengan prinsip deep learning, program ini meningkatkan pemahaman konsep, keterampilan teknis, serta kemampuan berpikir siswa. Luaran program berupa 2 set alat peraga (8 model peragaan), 50 paket training kit, 4 video pembelajaran, dan 1 modul panduan praktik berkontribusi signifikan dalam memperkaya sumber belajar yang selaras dengan Kurikulum Merdeka dan kegiatan kokurikuler P5.

Pelaksanaan FGD, ToT Mentor Sebaya, dan implementasi proyek di sekolah menunjukkan hasil positif pada berbagai aspek. Hasil evaluasi melalui observasi, *pre-posttest*, dan kuesioner menunjukkan bahwa sebagian besar peserta menilai kegiatan menarik, mudah dipahami, dan bermanfaat. Sebanyak 72% peserta ToT menilai pelatihan interaktif dan 53,7% siswa menyatakan kegiatan praktik sangat relevan dengan mata pelajaran Fisika dan TIK. Program ini tidak hanya meningkatkan kompetensi teknis, tetapi juga memperkuat *soft skills* siswa, termasuk komunikasi, kerja tim, dan kepemimpinan, sehingga memberikan dampak sosial dan akademik yang lebih luas.

Dengan terbentuknya Tim Mentor Pentaforge SMAN 9 Pekanbaru dan tersedianya media pembelajaran berkelanjutan, program ini memiliki potensi besar untuk diterapkan secara mandiri dan diperluas jangkauannya. Secara keseluruhan, PKM-PM Pentaforge memberikan kontribusi nyata dalam mendukung terwujudnya *Asta Cita* ke-4 dan SDG 4, melalui model pendidikan berbasis teknologi yang inklusif, kolaboratif, dan berorientasi pada penguatan keterampilan abad ke-21.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Direktorat Akademik Pendidikan Tinggi Vokasi, Direktorat Jenderal Pendidikan Vokasi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia atas dukungan pendanaan melalui program PKM-PM Tahun 2025.

Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Politeknik Caltex Riau selaku institusi pelaksana yang telah memberikan dukungan fasilitas dan bimbingan dalam pelaksanaan program, serta kepada SMA Negeri 9 Pekanbaru sebagai mitra kegiatan atas partisipasi aktif kepala sekolah, guru, dan siswa dalam seluruh rangkaian kegiatan pelatihan dan implementasi.

Tidak lupa, apresiasi diberikan kepada seluruh anggota Tim Pentaforge atas kerja sama, kreativitas, dan dedikasinya dalam mengembangkan media pembelajaran serta mendukung keberlanjutan program di sekolah mitra.

Daftar Pustaka

- [1] A. Z. Ilma, E. Utami, and D. A. Kusumaningtyas, “STEM-Project based Learning in Physics Concept of Measurement to Enhance High School Students’ Scientific Literacy,” 2024, doi: 10.21009/1.
- [2] S. Darmilah, D. Rochintaniawati, and R. Rafikah Agustin, “The implementation Project-Based Learning in lower secondary school: a critical review,” 2023.
- [3] A. Z. Ilma, I. Wilujeng, A. Widowati, M. Nurtanto, and N. Kholifah, “View of A Systematic Literature Review of STEM Education in Indonesia (2016-2021)_ Contribution to Improving Skills in 21st Century Learning,” *Pegem Journal of Education and Instruction*, vol. 13, no. 2, pp. 134–146, 2023.
- [4] J. Astutik, A. Lutfi, and S. Sutoyo, “Enhancing Critical Thinking Skills for Sustainable Education: a Case Study of Indonesian Junior High School Students in Kuala Lumpur, Malaysia to Support SDG-4 Quality Education,” *Journal of Lifestyle and SDGs Review*, vol. 5, no. 3, p. e04842, Feb. 2025, doi: 10.47172/2965-730x.sdgsreview.v5.n03.pe04842.
- [5] N. Khamdi and Amnur akhyan, “Arm Robot Sebagai Modul Pembelajaran Praktikum Mikrokontroller Di MAN 1,” *JITER-PM (Jurnal Inovasi Terapan - Pengabdian Masyarakat)*, vol. 3, no. 1, pp. 1–8, Mar. 2025, doi: 10.35143/jiter-pm.v3i1.6434.
- [6] R. T. Wahyuni, H. Subagiyo, and M. B. S. Yonda, “Pembuatan Modul dan Pelatihan Internet of Things untuk Mendukung Proses Pelaksanaan P5 Rekayasa Teknologi di SMAN 3 Pekanbaru,” *Jurnal Pengabdian Untuk Mu NegeRI*, vol. 8, no. 1, pp. 101–107, Mar. 2024.
- [7] F. Feriyanto and D. Anjariyah, “Deep Learning Approach Through Meaningful, Mindful, and Joyful Learning: A Library Research,” *Electronic Journal of Education, Social Economics and Technology*, vol. 5, no. 2, pp. 208–212, Oct. 2024, doi: 10.33122/ejeset.v5i2.321.
- [8] Z. M. Zain, I. N. B. Malan, F. Noordin, and Z. Abdullah, “Assessing Student Approaches to Learning: A Case of Business Students at the Faculty of Business Management, UiTM,” *Procedia Soc. Behav. Sci.*, vol. 90, pp. 904–913, Oct. 2013, doi: 10.1016/j.sbspro.2013.07.167.
- [9] N. Revolina Doriza, N. Yusro, and D. Hajjah Ristianti, “Implementasi Program Kokurikuler Tahsin Dalam Meningkatkan Minat Dan Kemampuan Membaca Al-Qur’an Di Sekolah Menengah Atas Negeri 2 Rejang Lebong,” *Jurnal Literasiologi*, vol. 10, no. 1, pp. 89–109, 2023, doi: 10.47783/literasiologi.v9i4.