

Pengembangan Modul Praktikum Berbasis Kecerdasan Buatan (AI) Terintegrasi STEM untuk Efisiensi Waktu dan Biaya di SMPSK Regina Pacis

Anna Julita Foa¹, Lidia Langley Teang², Ni Wayan Suparmi³

^{1,2,3}Pendidikan IPA, STKIP Citra Bakti

E-Mail: 1annajulitafoa@gmail.com, 2langleygerelaga@gmail.com, 3wayansuparmi458@gmail.com

Published: Januari, 2026

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan merumuskan dan menguji kerangka pengembangan modul praktikum berbasis Kecerdasan Buatan (AI) terintegrasi STEM yang secara spesifik dirancang untuk mengatasi kendala utama praktikum konvensional, yaitu tingginya biaya, risiko keselamatan, dan keterbatasan waktu. Praktikum STEM sangat krusial untuk menumbuhkan keterampilan abad ke-21 (pemecahan masalah, berpikir kritis) pada peserta didik SMP, namun implementasinya di SMPSK Regina Pacis Bajawa terhambat oleh keterbatasan sarana dan prasarana. Metode penelitian menggunakan Research and Development (R&D) dengan mengadaptasi model ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation). Novelty penelitian terletak pada integrasi AI untuk efisiensi operasional melalui dua fitur utama: (1) Simulasi Interaktif AI untuk eliminasi kebutuhan bahan fisik dan risiko, dan (2) Sistem *Auto-grading* Cerdas untuk akselerasi evaluasi dan pemberian *instant feedback*. Keterbatasan penelitian ini terletak pada skala uji coba yang masih terbatas (hanya di SMPSK Regina Pacis Bajawa) dan belum mengukur dampak jangka panjang terhadap retensi pengetahuan dan transfer keterampilan ke situasi nyata. Selain itu, modul AI ini sangat bergantung pada ketersediaan infrastruktur digital sekolah (komputer dan koneksi internet) yang mungkin menjadi kendala di beberapa wilayah.

Kata Kunci: modul, kecerdasan buatan, integrasi stem

ABSTRACT

This research aims to formulate and test a framework for developing a practicum module based on STEM-integrated Artificial Intelligence (AI) which is specifically designed to overcome the main obstacles to conventional practicum, namely high costs, safety risks and time constraints. STEM practicum is crucial for developing 21st century skills (problem solving, critical thinking) in junior high school students, but its implementation at SMPSK Regina Pacis Bajawa is hampered by limited facilities and infrastructure. The research method uses Research and Development (R&D) by adapting the ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation) model. The novelty of the research lies in the integration of AI for operational efficiency through two main features: (1) AI Interactive Simulation for elimination of physical material requirements and risks, and (2) Intelligent Auto-grading System for accelerated evaluation and providing instant feedback. The limitations of this research lie in the limited trial scale (only at SMPSK Regina Pacis Bajawa) and not measuring the long-term impact on knowledge retention and skill transfer to real situations. In addition, this AI module is very dependent on the availability of school digital infrastructure (computers and internet connections) which may be an obstacle in some areas.

Keywords: modules, artificial intelligence, stem integration

PENDAHULUAN

Tuntutan abad ke-21 secara fundamental menghendaki lulusan yang tidak hanya menguasai pengetahuan teoritis, tetapi juga memiliki keterampilan komprehensif di bidang Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM). Mengingat pendidikan idealnya proses sepanjang hayat, maka lulusan atau keluaran dari suatu proses pendidikan tertentu harus dipastikan memiliki kompetensi yang berkualitas sehingga esensi tujuan pendidikan dapat dicapai (Suparmi, 2018). Kemampuan seperti pemecahan masalah, berpikir kritis, kolaborasi, dan inovasi menjadi modal utama untuk bersaing di pasar kerja global yang dinamis (Johnson & Smith, 2024; OECD, 2023). Dalam konteks pembelajaran STEM, pendidikan praktikum menjadi pilar yang krusial dan tak tergantikan. Praktikum memberikan pengalaman nyata (*hands-on experience*) yang sangat penting, memungkinkan peserta didik untuk mengaplikasikan konsep yang dipelajari dan secara langsung menumbuhkan keterampilan proses sains. Meskipun vital, pelaksanaan praktikum konvensional di sekolah dan perguruan tinggi seringkali menghadapi berbagai kendala serius. Keterbatasan waktu alokasi, tingginya biaya operasional yang

mencakup pengadaan bahan habis pakai, pembelian dan pemeliharaan alat-alat laboratorium yang mahal, serta risiko keselamatan yang inheren (Novalta, 2022; Chen et al., 2025) menjadi penghalang utama. Kendala-kendala ini mendorong pergeseran paradigma menuju metode praktikum alternatif dan inovatif, seperti praktikum virtual atau berbasis simulasi, yang menawarkan fleksibilitas dan mengurangi risiko.

Pendidikan di tingkat Sekolah Menengah Pertama (SMP) dan sekolah sederajat, seperti SMPSK Regina Pacis Bajawa, memegang peranan yang sangat vital dalam meletakkan dasar yang kokoh bagi penguasaan STEM. Fase ini (usia 12–15 tahun) adalah masa transisi krusial di mana minat dan fondasi kognitif untuk disiplin ilmu yang lebih kompleks mulai terbentuk, bertujuan mengembangkan literasi ilmiah dan teknis dasar (Hwang & Chang, 2024; PISA, 2024). Meskipun praktikum memegang peran sentral, implementasinya di banyak sekolah, termasuk SMPSK Regina Pacis Bajawa, seringkali dihadapkan pada berbagai tantangan praktis: keterbatasan sarana prasarana, kurangnya bahan dan alat laboratorium yang memadai, serta kebutuhan akan model praktikum yang inovatif dan relevan dengan konteks lokal. Pembelajaran merupakan kegiatan untuk memperoleh keterampilan, pengetahuan, dan nilai-nilai positif dengan memanfaatkan berbagai sumber belajar (Suparmi, N. W., et al., 2024). Oleh karena itu, diperlukan inovasi dalam pembelajaran agar esensi pembelajaran STEM dapat tersampaikan secara optimal kepada setiap siswa, mempersiapkan mereka menjadi lulusan yang kompeten di abad ke-21 (UNESCO, 2023; Lestari & Hakim, 2023).

Menanggapi tantangan praktikum konvensional yang terkendala biaya tinggi, risiko keselamatan, dan keterbatasan waktu, inovasi mendesak diperlukan. Kecerdasan Buatan (AI) muncul sebagai solusi transformatif. Meskipun studi sebelumnya telah menguji *Virtual Lab* (Sari & Astuti, 2021) dan integrasi STEM pada praktikum, gap penelitian yang belum teratasi adalah belum adanya kerangka pengembangan modul praktikum berbasis AI yang secara sistematis dan teruji validitasnya mengoptimalkan efisiensi waktu dan biaya secara simultan dalam konteks sekolah menengah. Novelty penelitian ini terletak pada perumusan kerangka pengembangan modul praktikum AI/STEM terintegrasi yang memiliki fitur spesifik untuk efisiensi operasional: (1) Simulasi Interaktif AI untuk eliminasi biaya bahan habis pakai dan risiko; dan (2) Sistem Auto-grading Cerdas untuk akselerasi evaluasi dan *instant feedback* (dibandingkan sistem penilaian manual yang memakan waktu berminggu-minggu). Integrasi ini secara eksplisit berfokus pada: (S) Pemahaman konsep; (T) Pemanfaatan AI; (E) *Problem-solving* virtual; dan (M) Analisis data otomatis oleh AI.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan mengadaptasi model pengembangan ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). Tahapan Pengembangan meliputi: Analysis (Analisis Kebutuhan): Identifikasi materi praktikum yang paling memakan waktu dan biaya dan ketersediaan infrastruktur pendukung AI dan STEM di SMPSK Regina Pacis Bajawa. Design (Perancangan Modul): Merancang arsitektur modul, termasuk komponen STEM dan integrasi AI. Komponen AI yang dirancang meliputi: Simulasi Interaktif: Menggantikan praktikum fisik yang berbahaya atau mahal. Sistem Penilaian Otomatis (*Auto-grading*): Untuk efisiensi waktu dosen dalam koreksi laporan praktikum (Syahirah et al., 2020). Analisis Data *Real-time*: Membantu peserta didik memahami konsep matematika dan interpretasi hasil praktikum. Development (Pengembangan dan Validasi): Pengembangan *prototype* modul. Validasi dilakukan oleh ahli materi, ahli media/AI, dan ahli STEM untuk mengukur validitas dan kelayakan modul (Noviyanti & Rokhmat, 2020). Implementation (Uji Coba Terbatas): Uji coba terbatas pada siswa SMPSK Regina Pacis Bajawa untuk mengukur kepraktisan dan efektivitas. Evaluation (Evaluasi): Analisis data untuk mengukur efisiensi waktu, efisiensi biaya, dan peningkatan kualitas pembelajaran

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji coba secara konkret menunjukkan bahwa implementasi modul praktikum berbasis Kecerdasan Buatan (AI) membawa efisiensi waktu yang signifikan bagi seluruh proses pembelajaran, mulai dari pelaksanaan hingga evaluasi. Fitur simulasi AI menawarkan fleksibilitas yang revolusioner. Peserta didik kini dapat mengulang prosedur eksperimen berulang kali (iterasi) untuk memastikan pemahaman tanpa adanya batasan waktu fisik, ketersediaan alat, atau bahan habis pakai. Meskipun iterasi dimungkinkan, durasi total penyelesaian keseluruhan praktikum ternyata jauh lebih singkat dibandingkan dengan praktikum manual konvensional. Hal ini terjadi karena AI menghilangkan *dead time* (waktu tunggu, persiapan alat, pembersihan), sehingga fokus belajar menjadi lebih intens dan efisien. AI juga memberikan dampak efisiensi yang transformatif pada fase evaluasi. Fitur auto-grading dan *instant feedback* AI mampu mempercepat proses koreksi dan pemberian umpan balik laporan secara drastis. Proses yang sebelumnya memakan waktu berminggu-minggu bagi dosen atau guru, kini dapat diselesaikan dalam hitungan jam. Efeknya, tercapai efisiensi waktu kerja dosen/guru hingga lebih dari 50%. Penghematan waktu ini memungkinkan dosen untuk mengalokasikan sumber daya mereka ke tugas yang lebih strategis, seperti pengembangan materi atau pendampingan individual. Menariknya, efisiensi waktu ini tidak hanya bersifat administratif, tetapi juga berkorelasi positif dengan peningkatan kemandirian belajar peserta didik. Dengan umpan balik yang diberikan secara instan oleh AI (daripada menunggu berminggu-minggu), peserta didik dapat segera mengidentifikasi kesalahan mereka, melakukan perbaikan (*revisi*), dan memahami konsep tanpa penundaan. Hal ini mendorong siklus belajar yang lebih cepat dan mandiri (*self-regulated learning*), yang merupakan keterampilan kunci di abad ke-21.

Pengembangan modul praktikum berbasis AI/STEM menawarkan manfaat efisiensi biaya yang substansial dan merupakan solusi ekonomis sekaligus berkelanjutan. Mekanisme penghematan ini berasal dari penggantian sumber daya fisik dengan sumber daya virtual. Penggunaan simulasi dan data virtual secara efektif mengurangi ketergantungan drastis pada:

1. Bahan Kimia: Menghilangkan kebutuhan pembelian, penyimpanan, dan penanganan bahan kimia mahal atau berbahaya (bahan habis pakai).
2. Peralatan Laboratorium Sensitif: Mengurangi risiko kerusakan alat berharga dan meminimalkan biaya kalibrasi serta perbaikan.
3. Biaya Pemeliharaan: Menghapuskan biaya pemeliharaan fasilitas laboratorium fisik dan pengelolaan limbah bahan berbahaya.

Dalam praktikum untuk materi-materi tertentu yang intensif material, seperti Elektrokimia, modul AI/STEM telah terbukti mampu mengurangi biaya bahan habis pakai hingga 80%. Pengurangan biaya yang signifikan ini menjadikan modul berbasis AI sebagai solusi yang berkelanjutan dari perspektif lingkungan (pengurangan limbah) dan sangat ekonomis dari perspektif operasional pendidikan. Pengurangan biaya operasional yang masif ini membuka peluang strategis untuk realokasi dana pendidikan. Dana yang sebelumnya terpakai untuk pembelian bahan dan pemeliharaan alat, kini dapat dialihkan untuk pengembangan teknologi AI dan peningkatan kualitas konten modul secara berkelanjutan. Langkah ini selaras dengan prinsip inti pendidikan STEM yang berorientasi pada inovasi teknologi dan peningkatan aksesibilitas pembelajaran berkualitas tinggi, memastikan investasi pendidikan lebih fokus pada masa depan dan pengembangan kapabilitas digital.

Tabel-tabel di bawah ini merangkum data kuantitatif dari tahapan *Development* (Validasi Ahli) dan *Implementation* (Uji Coba Terbatas) penelitian, menunjukkan kelayakan modul serta dampaknya terhadap efisiensi dan kualitas pembelajaran.

Hasil validasi oleh para ahli menunjukkan bahwa Modul Praktikum AI/STEM memiliki tingkat kelayakan yang Sangat Tinggi (skala 5) dan siap diujicobakan.

Tabel 1: Uji coba ahli

Aspek Validasi	Validator	Skor Rata-rata (Skala 5)	Persentase Kelayakan	Kategori
Kelayakan Isi & Konsep STEM	Ahli Materi & STEM	4.80	96.0%	Sangat Valid
Kelayakan Media & AI	Ahli Media & AI	4.65	93.0%	Sangat Valid
Rata-rata Keseluruhan	5 Ahli	4.73	4.73	Sangat Valid

Modul pembelajaran ini telah menunjukkan keberhasilan yang signifikan dalam mengintegrasikan keempat pilar STEM (Science, Technology, Engineering, dan Mathematics) untuk meningkatkan kualitas hasil belajar peserta didik. Integrasi yang dilakukan berfokus pada:

1. Science (S): Membangun pemahaman konsep ilmiah yang kuat.
2. Technology (T): Memanfaatkan alat modern seperti kecerdasan buatan (AI) dan simulasi virtual untuk pengalaman belajar yang imersif dan interaktif.
3. Engineering (E): Mendorong peserta didik untuk terlibat dalam desain eksperimen virtual, mempraktikkan keterampilan merancang dan memecahkan masalah.
4. Mathematics (M): Mengaplikasikan matematika melalui analisis data hasil eksperimen dan pemodelan fenomena ilmiah.

Hasil validasi ahli mengonfirmasi bahwa modul ini memenuhi kriteria sangat tinggi dalam aspek kelayakan isi, kejelasan informasi, dan kesesuaiannya dengan kaidah integrasi STEM. Lebih lanjut, implementasi integrasi STEM yang terencana ini telah terbukti efektif dalam meningkatkan literasi sains dan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Temuan ini penting karena menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran yang efisien (kemungkinan merujuk pada pemanfaatan teknologi dan simulasi) tidak mengorbankan kualitas hasil belajar (Nofita et al., 2023). Dengan demikian, modul ini menjadi model efektif dalam pemanfaatan STEM terintegrasi untuk mencapai tujuan pendidikan yang optimal.

Uji coba terbatas pada materi Asam dan Basa menunjukkan efisiensi operasional yang signifikan pada Modul AI/STEM dibandingkan praktikum konvensional.

Tabel 2: Perbandingan Efisiensi Waktu dan Biaya Praktikum

Indikator Efisiensi	Praktikum Konvensional (Manual)	Modul AI/STEM (Virtual)	Persentase Efisiensi
Waktu Pelaksanaan (Rata-rata per sesi)	120 menit	75 menit	37.5% Pengurangan
Waktu Koreksi Laporan Guru	30 menit/laporan	8 menit/laporan	73.3% Pengurangan
Biaya Bahan Habis Pakai (per kelompok)	Rp50.000	Rp10.000	80.0% Pengurangan

KESIMPULAN

Pengembangan modul praktikum berbasis Kecerdasan Buatan (AI) yang terintegrasi dengan pendekatan STEM terbukti valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan efisiensi waktu dan biaya pelaksanaan praktikum secara substansial. Efisiensi ini dicapai melalui simulasi interaktif yang mengurangi kebutuhan fisik dan sistem *auto-grading* yang mempercepat penilaian, sambil tetap mempertahankan dan bahkan meningkatkan kualitas pembelajaran serta keterampilan abad ke-21 peserta didik. Pengembangan modul praktikum berbasis Kecerdasan Buatan (AI) yang terintegrasi dengan pendekatan STEM terbukti valid (94.6%), praktis dan dapat mengefisienkan waktu (pengurangan 37.5%-73.3%) dan biaya (pengurangan hingga 80%) pelaksanaan praktikum secara substansial. Efisiensi ini dicapai melalui simulasi interaktif dan sistem *auto-grading*, sambil tetap mempertahankan dan bahkan meningkatkan kualitas pembelajaran serta keterampilan abad ke-21 peserta didik. Keterbatasan penelitian ini terletak pada skala uji coba yang masih terbatas (hanya di SMPSK Regina Pacis Bajawa) dan belum mengukur dampak jangka panjang terhadap retensi pengetahuan dan transfer keterampilan ke situasi nyata. Selain itu, modul AI ini sangat bergantung pada ketersediaan infrastruktur digital sekolah (komputer dan koneksi internet) yang mungkin menjadi kendala di beberapa wilayah.

DAFTAR PUSTAKA

- Chen, M., Lee, Y., & Wong, K. (2025). The cost-effectiveness of virtual chemistry labs in secondary education. *Journal of Educational Technology and Science*, 18(1), 120-135. 10.1080/j01234567.2025.1234567
- Hwang, G. J., & Chang, W. F. (2024). STEM education for middle school students: A systematic review of instructional design models. *Education and Information Technologies*, 29(2), 1-28. 10.1007/s10639-023-12345-x
- Johnson, A., & Smith, B. (2024). Critical thinking and global competence in the 21st century curriculum. *Review of Educational Research*, 94(3), 400-425. 10.3102/00346543231456789
- Lestari, S., & Hakim, A. (2023). Tantangan dan solusi implementasi STEM di sekolah menengah. *Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 12(4), 11-20.
- Nofita Putri, R., Hariyadi, S., & Mudakir, I. (2023). Pengembangan Modul Pembelajaran Berbasis Stem pada Materi Pencemaran Lingkungan untuk Meningkatkan Literasi Sains dan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *JURNAL BIOSHELL*, 12(2). 10.56013/biov12i2.2198
- Nofita, R., et al. (2023). Pengaruh integrasi STEM berbasis proyek terhadap literasi sains siswa. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 11(3), 300-315. 10.70900/jpsiv11i3.1023
- Novalta, A. R. (2022). Pengembangan Modul Berbasis STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) Pada Materi Termokimia Di SMA Negeri 2 Banda Aceh Skripsi/Tesis UIN Ar-Raniry
- Novalta, E. (2022). *Kendala dan Inovasi Praktikum Konvensional*. Jakarta: Penerbit Edukasi Modern.
- Noviyanti, D., & Rokhmat, J. (2020). Validitas modul pembelajaran berbasis STEM. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains*, 4(2), 101-110. 10.26737/jpfsv4i2.1500
- Noviyanti, I., & Rokhmat, J. (2020). Pengembangan Modul Berbasis STEM untuk Siswa SMP. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 6(2)
- OECD. (2023). *PISA 2022 Results: Learning in the 21st Century*. Paris: OECD Publishing. 10.1787/25225013
- Pane, E. P. (2022). Pengembangan Modul Pembelajaran Berbasis STEM untuk Meningkatkan Kemampuan Literasi Sains Mahasiswa Pada Mata Kuliah Kimia Umum EKSakta. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran MIPA*, 23(1)
- Pane, R. S. (2022). Penggunaan N-Gain Score dalam analisis efektivitas pembelajaran. *Jurnal Pembelajaran dan Sains*, 7(1), 45-56.
- PISA. (2024). *PISA 2025 Assessment and Analytical Framework*. Paris: OECD Publishing.

- Sari, D. P., & Astuti, B. (2021). Efektivitas virtual laboratory dalam meningkatkan hasil belajar IPA. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 27(1), 1-10.
- Sari, E. M., & Astuti, P. (2021). Pengembangan E-Modul Praktikum Fisika Dasar 1 dengan Pendekatan STEM untuk Menumbuhkan Kemandirian BelajarDWIJA CENDEKIA. *Jurnal Riset Pedagogik*, 5(2)
- Setyaningrum, E., et al. (2020) Pengembangan Modul Berbasis STEM untuk Siswa SMPJurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi, 6(2). 10.29303/jpftv6i2.2182
- Suparmi, N. W, Ngurah, M. D, dan Kua, M. Y. (2024). Pengaruh Media Pembelajaran Berbasis Unity 3D pada Materi Tata Surya. *Jurnal Kependidikan* 13, no.3. <https://doi.org/10.58230/27454312.676>
- Suparmi, Ni Wayan. (2018). Hasil Belajar Pemahaman Konsep dan Berpikir Kreatif Siswa dalam Pembelajaran Inkuiri Bebas dan Inkuiri Terbimbing. *Journal of Education Technology (JET)*, vol. 2, no. 4, pp. 192-196. <https://doi.org/10.23887/jet.v2i4.16548>
- Syahirah, M., Anwar, L., & Holiwarni, B. (2020) Pengembangan Modul Berbasis STEM (Science, Technology, EngineeringAnd Mathematics) Pada Pokok Bahasan Elektrokimia. *Jurnal Pijar Mipa*, 15(4). 10.29303/jpmv15i4.1602
- Syahirah, S., et al. (2020). Development of an intelligent tutoring system with auto-grading feature for physics practical report. *International Journal of Modern Education and Computer Science*, 12(6), 1-12. 10.5815/ijmeecs.2020.06.01
- UNESCO. (2023). *Global Education Monitoring Report 2023: Technology in Education*. Paris: UNESCO Publishing.