



Pelatihan dan Pendampingan Implementasi AI-Augmented Laboratory Learning Berbasis Smart Education Ecosystem untuk Meningkatkan Kualitas Pembelajaran Sains dan Literasi Digital Santri di Pesantren Darul Arifin Jambi

Training and Mentoring on the Implementation of AI-Augmented Laboratory Learning Based on a Smart Education Ecosystem to Improve Science Learning Quality and Digital Literacy among Students at Darul Arifin Islamic Boarding School, Jambi

K.A Rahman^{1*}, Supian², Yantoro³, Iwan Putra⁴, Novia Sri Dwijayanti⁵, Nurfadilah⁶, Mar'atun Sholiha⁷

¹⁻⁷ Program Studi Pendidikan Ekonomi, Universitas Jambi, Indonesia

*Penulis Korespondensi: Ka_rahman@unj.ac.id¹

Riwayat Artikel:

Naskah Masuk: 25 Juli 2026;
Revisi: 01 September 2026;
Diterima: 27 September 2026;
Terbit: 30 September 2026

Keywords: AI-Augmented Learning; Islamic Boarding School; Laboratorium Sains; Literasi Digital; Smart Education Ecosystem.

Abstract: The integration of artificial intelligence (AI) into science education offers opportunities to improve laboratory-based learning and digital literacy. However, the utilization of laboratory facilities and digital technologies in Islamic boarding schools remains a challenge, particularly in developing interactive, inquiry-based, and technology-supported learning experiences. This community engagement program aimed to strengthen science learning quality and students' digital literacy through the implementation of AI-Augmented Laboratory Learning within a Smart Education Ecosystem at Pesantren Darul Arifin Jambi, Indonesia. The program employed a training and mentoring approach consisting of needs assessment, program design, teacher and student training, implementation, mentoring, monitoring, evaluation, and sustainability planning. Activities focused on integrating AI-assisted learning, virtual laboratory simulations, digital learning resources, scientific experiments, and data-based assessment. The program outputs included an AI-Augmented Laboratory Learning model, AI-supported learning modules, digital practical worksheets, laboratory implementation guidelines, digital assessment instruments, and a Smart Education Ecosystem framework connecting teachers, students, AI learning assistants, physical and virtual laboratories, and digital learning platforms. These outputs provide a foundation for strengthening teachers' technological and pedagogical competencies and encouraging students' active participation in scientific inquiry. The program also established a basis for sustainable technology adoption and further development of digital learning practices. Continued mentoring and systematic evaluation are recommended to assess learning outcomes, scientific process skills, and digital and AI literacy.

Abstrak

Pemanfaatan laboratorium dalam pembelajaran sains di Pesantren Darul Arifin Jambi belum optimal, sementara integrasi kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) dan teknologi digital dalam pembelajaran masih perlu diperkuat. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan meningkatkan kualitas pembelajaran sains dan literasi digital santri melalui implementasi AI-Augmented Laboratory Learning berbasis Smart Education Ecosystem. Metode pelaksanaan menggunakan pendekatan pelatihan dan pendampingan yang meliputi analisis kebutuhan, perancangan program, pelatihan, implementasi, evaluasi, serta tindak lanjut keberlanjutan. Kegiatan dilaksanakan melalui praktik pembelajaran laboratorium, pemanfaatan AI, pengembangan bahan ajar digital, dan integrasi eksperimen nyata dengan simulasi digital. Hasil kegiatan menunjukkan tersedianya produk dan perangkat pendukung pembelajaran, meliputi modul pelatihan, panduan praktikum, lembar kerja peserta didik, instrumen evaluasi, serta rancangan integrasi laboratorium fisik, laboratorium virtual, AI, guru, dan santri. Program ini juga menjadi landasan penguatan kompetensi guru dalam merancang pembelajaran berbasis teknologi dan mendorong santri terlibat lebih aktif dalam proses eksperimen ilmiah. Implementasi model ini diharapkan mendukung peningkatan literasi sains, literasi digital, berpikir kritis, dan kemandirian belajar secara berkelanjutan.

Kata Kunci: AI-Augmented Learning; Laboratorium Sains; Literasi Digital; Pesantren; Smart Education Ecosystem.

1. PENDAHULUAN

Transformasi digital dan perkembangan artificial intelligence (AI) telah membawa perubahan mendasar dalam penyelenggaraan pendidikan, termasuk dalam pengembangan pembelajaran sains yang lebih interaktif, adaptif, dan berbasis pengalaman. Pemanfaatan AI membuka peluang untuk mendukung personalisasi pembelajaran, visualisasi konsep abstrak, simulasi, analisis data, pemberian umpan balik, dan evaluasi hasil belajar. Namun, integrasi teknologi dalam pendidikan perlu dirancang berdasarkan tujuan pedagogis yang jelas, dengan tetap memperhatikan aspek keamanan, etika, inklusivitas, dan peran manusia dalam proses pembelajaran (UNESCO, 2023). Oleh karena itu, pemanfaatan AI dalam pendidikan tidak cukup dilakukan dengan memperkenalkan aplikasi digital, tetapi perlu diintegrasikan dengan metode pembelajaran, kompetensi guru, aktivitas peserta didik, dan sistem evaluasi yang terencana.

Pembelajaran sains memerlukan pendekatan yang memungkinkan peserta didik tidak hanya memahami konsep secara teoretis, tetapi juga mengembangkan keterampilan ilmiah melalui kegiatan mengamati, merumuskan masalah, menyusun hipotesis, melakukan eksperimen, mengumpulkan data, menganalisis hasil, dan menarik kesimpulan. Laboratorium memiliki peran penting dalam mendukung pengalaman tersebut. Kajian Almasri (2024) menunjukkan bahwa AI telah dimanfaatkan dalam berbagai aktivitas pembelajaran sains, termasuk interaksi pembelajaran, asesmen, dan kegiatan ilmiah. Sementara itu, penelitian Han, Peng, dan Liu (2025) melaporkan bahwa intervensi generative AI memberikan dampak positif terhadap hasil belajar, meskipun efektivitasnya dapat bervariasi berdasarkan karakteristik peserta didik, bidang pembelajaran, dan desain intervensi. Temuan tersebut memperlihatkan bahwa teknologi AI berpotensi meningkatkan kualitas pembelajaran apabila diterapkan secara tepat dan tidak dipisahkan dari prinsip pedagogis.

Perkembangan virtual laboratory juga memberikan peluang untuk memperluas akses terhadap pengalaman eksperimen melalui simulasi, visualisasi, dan eksplorasi digital. Kajian Lailiyah, Widarti, Munzil, dan Surif (2024) serta Meronda, Widarti, dan Yahmin (2025) membahas pemanfaatan laboratorium virtual dalam pembelajaran sains, termasuk kaitannya dengan aspek afektif, pemahaman konsep, dan hasil belajar. Meskipun demikian, laboratorium virtual tidak sepenuhnya menggantikan pengalaman menggunakan alat dan bahan secara langsung. Integrasi laboratorium fisik, laboratorium virtual, dan AI menjadi pendekatan yang

relevan untuk menggabungkan pengalaman praktis dengan fleksibilitas teknologi digital. Dalam konteks ini, konsep AI-Augmented Laboratory Learning diposisikan sebagai pendekatan yang memperkuat eksperimen nyata melalui bantuan AI, simulasi digital, analisis data, dan umpan balik pembelajaran.

Kebutuhan tersebut relevan dengan kondisi mitra pengabdian, yaitu Pesantren Darul Arifin Jambi. Berdasarkan analisis situasi dan identifikasi awal dalam laporan kemajuan PPM, mitra telah memiliki sarana laboratorium yang berpotensi dikembangkan sebagai ruang pembelajaran sains berbasis praktik. Akan tetapi, pemanfaatannya belum optimal sebagai pusat experiential learning. Kegiatan praktikum belum terjadwal secara sistematis, integrasi laboratorium dalam perencanaan pembelajaran masih terbatas, dan pembelajaran masih cenderung didominasi metode ceramah serta demonstrasi guru. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara ketersediaan sarana dengan pemanfaatannya untuk mengembangkan keterampilan proses sains, kemandirian belajar, dan kemampuan berpikir kritis santri.

Permasalahan mitra tidak hanya berkaitan dengan penggunaan fasilitas, tetapi juga mencakup kompetensi pedagogis guru, pengelolaan laboratorium, pemanfaatan teknologi digital, dan sistem evaluasi pembelajaran. Pemetaan awal dalam laporan mengidentifikasi 12 aspek yang perlu diperhatikan, meliputi fungsi laboratorium, integrasi pembelajaran, frekuensi praktikum, metode pembelajaran, peran guru, keterampilan santri, pemanfaatan alat, teknologi laboratorium, manajemen laboratorium, evaluasi pembelajaran, literasi digital, dan ekosistem pembelajaran. Namun, laporan belum menyajikan data kuantitatif terperinci berupa persentase pemanfaatan laboratorium, frekuensi praktikum per semester, atau skor awal literasi digital santri. Oleh karena itu, kondisi tersebut lebih tepat dijelaskan sebagai temuan kualitatif dari identifikasi awal, bukan sebagai hasil pengukuran statistik yang telah terverifikasi.

Di sisi lain, perkembangan AI menuntut peningkatan kompetensi guru dan peserta didik agar teknologi dapat digunakan secara kritis, etis, aman, dan bertanggung jawab. Miao, Shiohira, dan Lao (2024) melalui AI Competency Framework for Students menekankan pentingnya pola pikir yang berpusat pada manusia, etika AI, pemahaman teknik dan aplikasi AI, serta kemampuan memahami dan mengembangkan sistem AI. Kerangka kompetensi guru yang dikembangkan Miao dan Cukurova (2024) juga menempatkan pedagogi berbasis AI dan pembelajaran profesional sebagai unsur penting dalam pemanfaatan teknologi pendidikan. Selanjutnya, Park (2025) mengidentifikasi literasi GenAI sebagai kemampuan yang mencakup

pemahaman, penggunaan, evaluasi, integrasi, etika, dan sikap terhadap teknologi tersebut. Literatur ini menegaskan bahwa pelatihan AI perlu disertai penguatan kemampuan guru dalam merancang pembelajaran dan kemampuan santri dalam memeriksa kebenaran informasi yang dihasilkan AI.

Berdasarkan kondisi tersebut, fokus pengabdian ini adalah pelatihan dan pendampingan implementasi AI-Augmented Laboratory Learning berbasis Smart Education Ecosystem. Pendekatan ini dirancang untuk mengintegrasikan guru, santri, laboratorium fisik, laboratorium virtual, AI sebagai asisten pembelajaran, platform digital, sumber belajar, data pembelajaran, dan evaluasi dalam satu sistem yang saling mendukung. AI digunakan untuk membantu visualisasi konsep, penyusunan pertanyaan inkuiri, simulasi eksperimen, analisis data sederhana, dan pemberian umpan balik. Sementara itu, guru tetap berperan sebagai perancang dan fasilitator pembelajaran, sedangkan santri didorong menjadi peserta aktif yang mampu mengeksplorasi masalah, melakukan eksperimen, menginterpretasikan data, serta merefleksikan hasil belajar. Pendekatan ini sejalan dengan pandangan Holmes, Bialik, dan Fadel (2019) bahwa pemanfaatan AI dalam pendidikan perlu dikembangkan dengan mempertimbangkan hubungan antara teknologi, proses pembelajaran, dan peran pendidik.

Pemilihan Pesantren Darul Arifin Jambi sebagai subjek pengabdian didasarkan pada potensi kelembagaan dan kebutuhan pengembangan pembelajaran berbasis teknologi. Ketersediaan sarana laboratorium, komitmen untuk meningkatkan mutu pendidikan, serta kesiapan guru mengikuti pelatihan dan pendampingan merupakan modal awal untuk mengembangkan inovasi pembelajaran. Pada saat yang sama, kesenjangan dalam pemanfaatan laboratorium, keterbatasan integrasi teknologi, dan perlunya penguatan literasi digital menunjukkan bahwa mitra membutuhkan intervensi yang tidak berhenti pada transfer pengetahuan. Program perlu diarahkan pada perubahan praktik pembelajaran, peningkatan kapasitas sumber daya manusia, perbaikan tata kelola laboratorium, dan pembentukan sistem pembelajaran yang dapat diterapkan secara berkelanjutan.

Perubahan sosial yang diharapkan dari kegiatan ini meliputi pergeseran pembelajaran dari pendekatan yang berpusat pada guru menuju pembelajaran yang lebih partisipatif, eksploratif, dan berbasis eksperimen. Guru diharapkan mampu mengintegrasikan AI dan teknologi digital ke dalam perencanaan, pelaksanaan, serta evaluasi pembelajaran sains. Santri diharapkan berkembang menjadi pembelajar yang aktif, kritis, mandiri, dan bertanggung jawab dalam menggunakan teknologi. Pada tingkat kelembagaan, pesantren diharapkan memiliki

perangkat pembelajaran, panduan praktikum, prosedur operasional laboratorium, serta mekanisme monitoring dan evaluasi yang lebih terstruktur. Perubahan tersebut juga diharapkan mendukung terbentuknya budaya belajar berbasis data dan kolaborasi yang menghubungkan teknologi, pedagogi, dan pengalaman eksperimen secara berkelanjutan.

Dengan demikian, kegiatan pengabdian ini tidak hanya berorientasi pada pengenalan teknologi AI, tetapi juga pada transformasi ekosistem pembelajaran sains di Pesantren Darul Arifin Jambi. Integrasi AI-Augmented Laboratory Learning dan Smart Education Ecosystem diharapkan dapat memperkuat kualitas pembelajaran, meningkatkan literasi digital dan AI santri, mengoptimalkan fungsi laboratorium, serta membangun kapasitas guru dan lembaga dalam mengembangkan inovasi pembelajaran yang adaptif dan berkelanjutan.

2. METODE

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini menggunakan pendekatan training and mentoring (pelatihan dan pendampingan) yang dilaksanakan secara sistematis, partisipatif, dan berkelanjutan. Pendekatan ini berfokus pada implementasi AI-Augmented Laboratory Learning berbasis Smart Education Ecosystem untuk meningkatkan kualitas pembelajaran sains dan literasi digital santri. Strategi pelaksanaan tidak hanya menekankan transfer pengetahuan, tetapi juga penguatan keterampilan guru dan santri dalam memanfaatkan kecerdasan buatan (AI), laboratorium fisik, laboratorium virtual, dan sumber belajar digital secara terintegrasi.

Subjek pengabdian adalah guru, santri, dan pengelola pembelajaran di Pesantren Darul Arifin Jambi, yang berlokasi di Danau Sarang Elang, Kecamatan Jambi Luar Kota, Kabupaten Muaro Jambi, Provinsi Jambi. Kegiatan melibatkan tim pengabdian dari Universitas Jambi bersama pihak pesantren sebagai mitra. Guru dan pengelola berperan dalam mengidentifikasi kebutuhan, merancang kegiatan pembelajaran, menyiapkan fasilitas, serta mengimplementasikan teknologi. Santri dilibatkan secara aktif dalam praktik laboratorium, eksplorasi konsep sains, penggunaan AI sebagai asisten pembelajaran, simulasi digital, pengumpulan dan analisis data, serta refleksi hasil eksperimen.

Proses perencanaan dilakukan melalui observasi kondisi pembelajaran dan laboratorium, wawancara, serta penyebaran angket kepada guru dan santri. Informasi yang diperoleh digunakan untuk memetakan kebutuhan, kompetensi awal, ketersediaan fasilitas, pemanfaatan teknologi, dan kesenjangan antara kondisi aktual dengan kebutuhan pembelajaran yang diharapkan. Hasil analisis tersebut menjadi dasar penyusunan program pelatihan dan pendampingan yang sesuai dengan karakteristik mitra.

Strategi pengorganisasian komunitas dilaksanakan melalui koordinasi antara tim pengabdian, pengelola pesantren, guru, dan santri. Proses ini diarahkan untuk membangun kesepahaman mengenai tujuan program, pembagian peran, kesiapan sarana, jadwal pelaksanaan, serta tanggung jawab dalam menjaga keberlanjutan kegiatan. Pelibatan mitra sejak tahap perencanaan hingga evaluasi dimaksudkan agar pesantren tidak hanya menjadi penerima manfaat, tetapi juga menjadi pelaksana aktif yang mampu mengembangkan inovasi pembelajaran secara mandiri

Pelaksanaan kegiatan meliputi analisis kebutuhan, perancangan program, pengembangan modul dan perangkat pembelajaran, pelatihan, implementasi, pendampingan, monitoring dan evaluasi, serta refleksi dan tindak lanjut. Pada tahap perancangan, tim menyusun modul pelatihan, bahan ajar berbasis AI, lembar kerja peserta didik, panduan praktikum, skenario pembelajaran, standar operasional prosedur, dan instrumen evaluasi. Perangkat tersebut disesuaikan dengan kebutuhan pembelajaran sains dan karakteristik lingkungan pesantren.

Tahap pelatihan dilaksanakan melalui penyampaian materi, demonstrasi, simulasi, dan praktik langsung mengenai pemanfaatan AI untuk pembelajaran sains, penggunaan laboratorium virtual, pengembangan aktivitas eksperimen, analisis data sederhana, serta penguatan literasi digital dan AI. Selanjutnya, implementasi dilakukan melalui pembelajaran berbasis inkuiri (*inquiry-based learning*) dan pemecahan masalah (*problem-based learning*) yang mengintegrasikan AI sebagai asisten pembelajaran, bukan sebagai pengganti guru maupun eksperimen nyata. Guru memfasilitasi proses belajar, sedangkan santri berpartisipasi dalam merumuskan pertanyaan, melakukan eksperimen, mengumpulkan data, menganalisis hasil, dan menyusun kesimpulan

Pendampingan dilakukan selama penerapan model untuk membantu guru mengintegrasikan teknologi dengan tujuan pembelajaran serta mendorong santri menggunakan AI secara kritis, etis, aman, dan bertanggung jawab. Monitoring dan evaluasi dilakukan melalui observasi aktivitas pembelajaran, umpan balik peserta, penilaian produk pembelajaran, serta perbandingan hasil pre-test dan post-test apabila data tersedia. Evaluasi diarahkan untuk menilai keterlaksanaan program, peningkatan kompetensi guru dan santri, keterampilan proses sains, literasi digital dan AI, serta pemanfaatan laboratorium.

Tahap akhir berupa refleksi dan tindak lanjut dilaksanakan bersama mitra untuk mengidentifikasi capaian, kendala, dan kebutuhan perbaikan. Keberlanjutan program diarahkan melalui pemanfaatan modul dan perangkat pembelajaran secara rutin, peningkatan kapasitas guru, penguatan tata kelola laboratorium, serta pengembangan Smart Education Ecosystem yang mengintegrasikan guru, santri, AI, laboratorium fisik dan virtual, platform

digital, sumber belajar, dan evaluasi pembelajaran. Seluruh rangkaian kegiatan berorientasi pada penguatan kemandirian mitra dan pengembangan pembelajaran sains berbasis teknologi secara berkelanjutan.



Gambar 1. Diagram Alur Pelaksanaan Pengabdian kepada Masyarakat.

Diagram tersebut merangkum tahapan yang dijelaskan dalam Bab 5 laporan PPM, mulai dari analisis kebutuhan sampai keberlanjutan program.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Pelaksanaan program pengabdian kepada masyarakat melalui kegiatan Pelatihan dan Pendampingan Implementasi AI-Augmented Laboratory Learning Berbasis Smart Education Ecosystem untuk Meningkatkan Kualitas Pembelajaran Sains dan Literasi Digital Santri di Pesantren Darul Arifin Jambi diarahkan untuk mengatasi permasalahan pemanfaatan laboratorium yang belum optimal, keterbatasan integrasi teknologi dalam pembelajaran, serta kebutuhan penguatan kompetensi guru dan literasi digital santri. Program dilaksanakan melalui pendekatan pelatihan, pendampingan, implementasi, monitoring, evaluasi, dan perencanaan keberlanjutan. Pendekatan ini menempatkan guru dan santri sebagai aktor aktif dalam proses pengembangan pembelajaran berbasis teknologi.

Proses pendampingan diawali dengan observasi kondisi pembelajaran dan laboratorium, wawancara, serta identifikasi kebutuhan guru dan santri. Hasil analisis menunjukkan bahwa laboratorium memiliki potensi sebagai sarana pembelajaran berbasis eksperimen, tetapi pemanfaatannya masih perlu diperkuat melalui integrasi pedagogis, pengaturan kegiatan praktikum, penggunaan teknologi digital, dan pengembangan sistem evaluasi. Berdasarkan kondisi tersebut, tim pengabdian merancang intervensi berupa pengembangan model AI-Augmented Laboratory Learning dan Smart Education Ecosystem yang disesuaikan dengan kebutuhan mitra.

Aksi program dilaksanakan melalui pengembangan perangkat pembelajaran, modul berbasis AI, lembar kerja peserta didik, panduan praktikum, simulasi laboratorium virtual, instrumen evaluasi, serta panduan implementasi. Pelatihan dan praktik diarahkan pada pemanfaatan kecerdasan buatan untuk mendukung eksplorasi konsep sains, visualisasi materi, analisis data sederhana, pemberian umpan balik, dan pembelajaran berbasis inkuiri serta pemecahan masalah. AI diposisikan sebagai teknologi pendukung yang memperkuat peran guru dan pengalaman eksperimen santri, bukan sebagai pengganti interaksi pembelajaran maupun laboratorium fisik.

Penerapan teknologi tersebut didukung oleh pengembangan Smart Education Ecosystem yang mengintegrasikan guru, santri, platform digital atau Learning Management System (LMS), AI Learning Assistant, sumber belajar digital, laboratorium fisik dan virtual, serta sistem evaluasi pembelajaran. Integrasi ini diarahkan untuk membangun proses pembelajaran yang lebih interaktif, kontekstual, adaptif, dan berbasis data. Pendampingan teknis dan pedagogis juga menjadi bagian penting agar guru dan pengelola mampu menggunakan teknologi secara tepat serta mengatasi kendala dalam penerapannya.

Dari aspek perubahan sosial dan kelembagaan, program diarahkan untuk mendorong perubahan peran guru dari dominan sebagai pemberi instruksi menjadi fasilitator pembelajaran, sementara santri didorong untuk lebih aktif mengamati, mengeksplorasi, melakukan eksperimen, menganalisis data, dan merefleksikan hasil belajar. Penguatan literasi digital dan AI juga diarahkan agar santri mampu menggunakan teknologi secara kritis, etis, aman, dan bertanggung jawab. Pada tingkat kelembagaan, pengembangan panduan, perangkat pembelajaran, prosedur penggunaan laboratorium, dokumentasi kegiatan, dan sistem evaluasi menjadi fondasi bagi tata kelola pembelajaran yang lebih terstruktur.

Program ini menghasilkan landasan bagi pengembangan pembelajaran sains berbasis AI dan penguatan ekosistem pendidikan digital di Pesantren Darul Arifin Jambi. Luaran yang dikembangkan mencakup model AI-Augmented Laboratory Learning, modul dan perangkat

pembelajaran, LKPD atau panduan praktikum digital, pemanfaatan laboratorium virtual, AI Learning Assistant, instrumen evaluasi, serta rancangan Smart Education Ecosystem. Luaran tersebut dapat menjadi dasar bagi pengembangan kapasitas internal mitra, peningkatan kualitas pembelajaran, dan keberlanjutan inovasi pendidikan. Namun, peningkatan hasil belajar, literasi digital, dan perubahan perilaku secara terukur tetap memerlukan evaluasi lanjutan melalui implementasi dan pengukuran yang sistematis.

Pembahasan

Transformasi Pembelajaran melalui AI-Augmented Laboratory Learning

Hasil pelaksanaan program pengabdian kepada masyarakat di Pesantren Darul Arifin Jambi menunjukkan bahwa pengembangan pembelajaran sains berbasis teknologi memerlukan pendekatan yang tidak hanya berorientasi pada penyediaan perangkat, tetapi juga pada penguatan kompetensi guru, keterlibatan aktif santri, dan integrasi teknologi ke dalam proses pembelajaran. Berdasarkan analisis kondisi awal mitra, laboratorium telah tersedia, tetapi pemanfaatannya belum optimal sebagai pusat pembelajaran berbasis eksperimen. Kegiatan praktikum belum terjadwal secara sistematis, sedangkan pembelajaran masih cenderung didominasi metode ceramah dan demonstrasi. Kondisi ini memperlihatkan adanya kesenjangan antara ketersediaan fasilitas dan pemanfaatannya untuk mengembangkan keterampilan proses sains.

Implementasi AI-Augmented Laboratory Learning dirancang untuk menjembatani kesenjangan tersebut melalui integrasi eksperimen langsung, sumber belajar digital, kecerdasan buatan (artificial intelligence/AI), dan pendampingan guru. Pendekatan ini menempatkan AI sebagai teknologi pendukung yang membantu penyusunan bahan ajar, eksplorasi konsep, simulasi, analisis data, dan pemberian umpan balik, tanpa menggantikan peran guru maupun pengalaman eksperimen nyata. Pendekatan tersebut sejalan dengan pandangan UNESCO (2023) bahwa pemanfaatan AI generatif dalam pendidikan perlu berpusat pada manusia, memperhatikan aspek etika dan keamanan, serta diarahkan pada tujuan pedagogis yang jelas.

Secara teoretis, integrasi AI dengan pembelajaran laboratorium juga relevan dengan pendekatan *experiential learning*, yang menekankan pentingnya pengalaman langsung, refleksi, pembentukan konsep, dan penerapan pengetahuan (Kolb, 1984). Dalam konteks program ini, santri diarahkan untuk tidak hanya menerima penjelasan guru, tetapi juga mengamati fenomena, melakukan eksperimen, menganalisis hasil, dan menyusun kesimpulan. Dengan demikian, teknologi digital berpotensi memperkuat hubungan antara pengetahuan

teoretis dan pengalaman praktis. Namun, keberhasilan transformasi tersebut tetap bergantung pada kualitas desain pembelajaran, kesiapan guru, ketersediaan sarana, dan konsistensi pelaksanaan praktikum.

Penguatan Kompetensi Guru dan Literasi Digital Santri

Temuan pengabdian menunjukkan bahwa peningkatan kualitas pembelajaran berbasis teknologi perlu dimulai dari penguatan kapasitas guru dan santri. Guru tidak hanya dituntut mampu mengoperasikan aplikasi AI, tetapi juga perlu mengintegrasikan teknologi dengan tujuan pembelajaran, kegiatan eksperimen, asesmen, dan refleksi. Sementara itu, santri perlu diarahkan agar mampu memanfaatkan AI untuk mengeksplorasi konsep, menyusun pertanyaan, mengolah informasi, serta memeriksa ketepatan jawaban yang dihasilkan. Dengan demikian, literasi digital tidak terbatas pada keterampilan teknis, tetapi juga mencakup kemampuan berpikir kritis, evaluasi informasi, dan tanggung jawab etis.

Perspektif tersebut sejalan dengan kerangka kompetensi AI yang dikembangkan UNESCO (2024), yang menekankan pola pikir berpusat pada manusia, etika AI, pemahaman dan penerapan teknologi, serta kemampuan merancang solusi berbasis AI. Dalam konteks Pesantren Darul Arifin Jambi, penguatan kompetensi tersebut relevan karena penggunaan teknologi perlu disesuaikan dengan kebutuhan pembelajaran dan karakteristik lingkungan pesantren. Guru tetap berperan sebagai fasilitator dan pengarah pembelajaran, sedangkan AI berfungsi sebagai asisten yang memperluas kesempatan eksplorasi dan memberikan dukungan belajar.

Secara pedagogis, kegiatan pelatihan dan pendampingan mencerminkan pergeseran dari pendekatan yang berpusat pada penyampaian materi menuju pembelajaran yang lebih partisipatif. Akan tetapi, peningkatan kompetensi guru dan literasi digital santri perlu dibuktikan melalui evaluasi terukur, misalnya perbandingan hasil pre-test dan post-test, penilaian praktik penggunaan AI, serta observasi keterlibatan santri selama eksperimen. Oleh karena itu, perubahan kompetensi yang lebih luas perlu dipahami sebagai sasaran pengembangan yang harus terus dipantau, bukan semata-mata diasumsikan terjadi setelah pelatihan.

Integrasi Laboratorium Fisik, Laboratorium Virtual, dan Smart Education Ecosystem

Salah satu aspek penting dalam program ini adalah pengembangan Smart Education Ecosystem yang menghubungkan guru, santri, laboratorium fisik, laboratorium virtual, AI learning assistant, sumber belajar digital, dan evaluasi pembelajaran. Integrasi tersebut

merupakan respons terhadap permasalahan mitra yang tidak hanya berkaitan dengan keterbatasan pemanfaatan teknologi, tetapi juga belum optimalnya pengelolaan laboratorium dan integrasi kegiatan praktikum ke dalam pembelajaran.

Secara teoretis, laboratorium virtual dapat membantu santri memahami konsep abstrak melalui simulasi, visualisasi, dan eksplorasi variabel. Penelitian Almasri (2024) menunjukkan bahwa AI telah digunakan dalam pembelajaran sains untuk mendukung aktivitas pembelajaran, asesmen, interaksi, dan kegiatan ilmiah. Meskipun demikian, penggunaan laboratorium virtual perlu dikombinasikan dengan eksperimen nyata agar santri tetap memperoleh pengalaman menggunakan alat, mengamati fenomena secara langsung, dan mengembangkan keterampilan prosedural.

Berdasarkan perspektif tersebut, Smart Education Ecosystem tidak cukup dipahami sebagai kumpulan perangkat digital, tetapi sebagai sistem yang mengintegrasikan teknologi, manusia, aktivitas pembelajaran, dan evaluasi. Implementasinya memerlukan modul praktikum, lembar kerja peserta didik (LKPD), prosedur operasional standar, jadwal penggunaan laboratorium, dan instrumen evaluasi yang jelas. Integrasi komponen tersebut diharapkan dapat memperkuat keteraturan pelaksanaan praktikum sekaligus meningkatkan pemanfaatan fasilitas yang telah dimiliki pesantren.

Namun, keberhasilan ekosistem ini bergantung pada konsistensi penggunaan dan kesiapan mitra. Ketersediaan platform atau perangkat AI tidak secara otomatis meningkatkan kualitas pembelajaran apabila tidak disertai aktivitas pedagogis yang relevan. Oleh sebab itu, pengembangan sistem perlu diarahkan pada pemanfaatan teknologi untuk mendukung pembelajaran berbasis inkuiri (inquiry-based learning) dan pemecahan masalah (problem-based learning), bukan sekadar memindahkan penyampaian materi ke media digital.

Proses Pemberdayaan dan Perubahan Sosial di Lingkungan Pesantren

Proses pengabdian ini memperlihatkan bahwa pemberdayaan masyarakat pendidikan perlu dilaksanakan secara bertahap, mulai dari identifikasi kebutuhan, perancangan program, pelatihan, praktik, implementasi, pendampingan, hingga evaluasi dan tindak lanjut. Pendekatan tersebut menempatkan pesantren sebagai mitra aktif dalam mengembangkan kapasitas internal, bukan hanya sebagai penerima teknologi. Keterlibatan guru dan santri dalam proses pembelajaran berbasis praktik menjadi unsur penting untuk membangun pemahaman, keterampilan, dan kesiapan mengadopsi inovasi.

Dari perspektif pemberdayaan, perubahan sosial yang diharapkan tidak terbatas pada kemampuan individu menggunakan AI, tetapi juga mencakup perubahan kebiasaan belajar, pola interaksi guru dan santri, serta tata kelola laboratorium. Laboratorium yang sebelumnya

cenderung berfungsi sebagai fasilitas pendukung diharapkan berkembang menjadi ruang pembelajaran aktif, tempat santri mengajukan pertanyaan, melakukan eksperimen, menganalisis data, dan menyusun kesimpulan. Pada saat yang sama, guru diarahkan untuk beralih dari peran yang dominan dalam penyampaian materi menuju fasilitator eksplorasi dan refleksi ilmiah.

Perubahan tersebut dapat dipahami sebagai proses transformasi praktik sosial melalui pembelajaran kolaboratif dan pengalaman langsung. Akan tetapi, berdasarkan karakter laporan kemajuan, perubahan pada tingkat kelembagaan dan budaya belajar masih perlu ditelusuri melalui monitoring lanjutan. Indikator yang dapat digunakan meliputi frekuensi praktikum, keterlibatan aktif santri, konsistensi penggunaan AI secara etis, kemampuan guru menyusun pembelajaran berbasis eksperimen, serta keberlanjutan penggunaan perangkat yang telah dikembangkan.

Dengan demikian, kontribusi utama kegiatan ini terletak pada pembentukan fondasi perubahan, yaitu tersedianya rancangan pembelajaran, peningkatan kapasitas awal, dan pengembangan sistem yang dapat dilanjutkan oleh mitra. Dampak sosial yang lebih luas akan bergantung pada kemampuan pesantren mempertahankan praktik tersebut dan mengintegrasikannya ke dalam kegiatan pembelajaran rutin.

Keberlanjutan Program dan Implikasi Pengembangan

Keberlanjutan menjadi aspek penting karena transformasi pembelajaran berbasis AI tidak dapat dicapai melalui pelatihan satu kali. Laporan PPM mengarahkan pengembangan selanjutnya pada penyempurnaan model AI-Augmented Laboratory Learning, penguatan kompetensi guru dan santri, pengembangan modul dan LKPD digital, perluasan penggunaan Smart Education Ecosystem, serta pelaksanaan monitoring dan evaluasi secara berkelanjutan.

Secara teoretis, keberlanjutan inovasi pendidikan membutuhkan keterpaduan antara kapasitas sumber daya manusia, dukungan kelembagaan, kesesuaian teknologi dengan kebutuhan pengguna, dan evaluasi berkala. Oleh karena itu, pesantren perlu memastikan bahwa guru memiliki kemampuan untuk melanjutkan pembelajaran berbasis AI, laboratorium digunakan secara terjadwal, dan hasil kegiatan didokumentasikan sebagai bahan refleksi serta perbaikan. Universitas Jambi juga dapat berperan melalui pendampingan lanjutan, pengembangan perangkat pembelajaran, dan evaluasi dampak program.

Implikasi berikutnya adalah perlunya pengukuran hasil yang lebih sistematis. Evaluasi tidak cukup hanya mencatat jumlah pelatihan atau perangkat yang dihasilkan, tetapi perlu menilai perubahan pengetahuan, keterampilan proses sains, literasi digital dan AI, kemampuan

berpikir kritis, serta keterlibatan santri. Apabila data evaluasi menunjukkan hasil positif, model ini dapat disempurnakan dan diadaptasi pada topik sains atau satuan pendidikan lain dengan mempertimbangkan kesiapan infrastruktur dan karakteristik peserta didik.

Secara keseluruhan, pengabdian ini memberikan dasar pengembangan pembelajaran sains berbasis teknologi yang mengintegrasikan eksperimen, AI, pendampingan, dan tata kelola pembelajaran. Keberhasilan jangka panjangnya akan ditentukan oleh kemampuan mitra mengubah inovasi yang diperkenalkan menjadi praktik pembelajaran yang konsisten, terukur, inklusif, dan berkelanjutan.

Tabel 1. Dokumentasi Pelaksanaan Kegiatan.

No. Dokumentasi	Keterangan Foto
1	Foto koordinasi awal tim PPM dengan pihak Pesantren Darul Arifin Jambi
2	Foto observasi kondisi laboratorium dan fasilitas pembelajaran
3	Foto pembukaan kegiatan PPM
4	Foto penyampaian materi AI dalam pembelajaran sains
5	Foto pelatihan penggunaan AI oleh guru
6	Foto santri melakukan praktik <i>AI-Augmented Laboratory Learning</i>

No. Dokumentasi	Keterangan Foto
7	Foto penggunaan <i>virtual laboratory</i> /simulasi digital
8	Foto praktik eksperimen di laboratorium
9	Foto pendampingan/coaching guru dan santri
10	Foto monitoring dan evaluasi kegiatan
11	Foto penyusunan/refleksi bersama mitra
12	Foto bersama tim PPM dan mitra

4. KESIMPULAN

Pelaksanaan PPM “Pelatihan dan Pendampingan Implementasi AI-Augmented Laboratory Learning Berbasis Smart Education Ecosystem untuk Meningkatkan Kualitas Pembelajaran Sains dan Literasi Digital Santri di Pesantren Darul Arifin Jambi” telah memberikan landasan bagi transformasi pembelajaran sains berbasis teknologi. Program menghasilkan penguatan kapasitas guru dan santri dalam pemanfaatan AI, pengembangan pembelajaran berbasis eksperimen dan virtual laboratory, serta penguatan literasi digital dan sains. Selain itu, dikembangkan konsep Smart Education Ecosystem yang mengintegrasikan guru, platform digital/LMS, AI Learning Assistant, sumber belajar digital, laboratorium fisik dan virtual, aktivitas santri, data pembelajaran, serta evaluasi dan perbaikan pembelajaran.

Secara keseluruhan, program tidak hanya berorientasi pada transfer teknologi, tetapi juga pada peningkatan kemampuan mitra untuk mengadopsi dan mengembangkan inovasi secara berkelanjutan. Luaran berupa modul, perangkat pembelajaran, produk digital, dokumentasi praktik baik, serta publikasi menjadi dasar untuk pengembangan dan replikasi program pada tahap berikutnya.

PENGAKUAN/ACKNOWLEDGEMENTS

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan (FKIP) Universitas Jambi atas dukungan pendanaan dan fasilitasi pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat tahun 2026. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pimpinan dan seluruh keluarga besar Pesantren Darul Arifin Jambi, para guru, serta santri yang telah berpartisipasi aktif dalam pelaksanaan pelatihan dan pendampingan implementasi AI-Augmented Laboratory Learning berbasis Smart Education Ecosystem. Apresiasi diberikan kepada seluruh anggota tim pengabdian dan mahasiswa yang telah berkontribusi dalam persiapan, pelaksanaan, dokumentasi, dan evaluasi kegiatan. Dukungan dan kolaborasi seluruh pihak tersebut menjadi bagian penting dalam mendukung pengembangan pembelajaran sains berbasis teknologi dan penguatan literasi digital santri secara berkelanjutan.

DAFTAR REFERENSI

- Almasri, F. (2024). Exploring the impact of artificial intelligence in teaching and learning of science: A systematic review of empirical research. *Research in Science Education*, 54, 977–997. <https://doi.org/10.1007/s11165-024-10176-3>
- Han, X., Peng, H., & Liu, M. (2025). The impact of GenAI on learning outcomes: A systematic review and meta-analysis of experimental studies. *Educational Research Review*, 48, Article 100714. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2025.100714>
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice Hall.
- Lailiyah, N. W., Widarti, H. R., Munzil, & Surif, J. (2024). Research trends of virtual laboratory in science learning to improve affective domain: A systematic literature review. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 12(4), 915–934. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v12i4.40091>
- Meronda, D. A., Widarti, H. R., & Yahmin. (2025). Virtual laboratories in science education: A systematic review of effectiveness on conceptual understanding and learning outcomes. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 26(3), 2020–2042. <https://doi.org/10.23960/jpmipa.v26i3.pp2020-2042>

- Miao, F., & Cukurova, M. (2024). *AI competency framework for teachers*. UNESCO.
<https://doi.org/10.54675/ZJTE2084>
- Miao, F., Shiohira, K., & Lao, N. (2024). *AI competency framework for students*. UNESCO.
- Park, J. (2025). A systematic literature review of generative artificial intelligence (GenAI) literacy in schools. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 9, Article 100487.
<https://doi.org/10.1016/j.caeai.2025.100487>
- UNESCO. (2023). *Guidance for generative AI in education and research*.
<https://doi.org/10.54675/EWZM9535>