

PENINGKATAN KEBERLANJUTAN LITERASI SAINS SD: OPTIMALISASI PLATFORM AI SEBAGAI MEDIA STEM LEARNING

Ita Handayani^{1*}, Krida Puji Rahayu², Rudi Sanjaya³

^{1,2} Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar S-1, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan,
Universitas Pamulang

³Program Studi Manajemen S-1, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Pamulang

*E-mail: dosen01947@unpam.ac.id

ABSTRAK

Rendahnya literasi sains siswa sekolah dasar di Indonesia, menunjukkan perlunya inovasi pembelajaran yang mengintegrasikan teknologi dan pendekatan interdisipliner. Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) ini bertujuan untuk meningkatkan literasi sains dan kompetensi pedagogis guru melalui optimalisasi platform kecerdasan buatan (AI) seperti PhET Simulation dan ChatGPT dalam pembelajaran STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics). Metode pelaksanaan mencakup lima fase: *diagnostic participatory, workshop intensif, in-class coaching, komunitas reflektif, dan evaluasi keberlanjutan* dengan pendekatan model CIPP (context, input, process, product). Hasil kegiatan menunjukkan peningkatan signifikan dalam kemampuan guru mengintegrasikan teknologi ke pembelajaran (skor TPACK naik dari 2,8 menjadi 4,3) dan peningkatan literasi sains siswa ($N\text{-gain } 0,62$; $effect\ size\ 0,78$). Selain itu, terbentuk komunitas reflektif “Guru STEM-AI” yang memperkuat keberlanjutan program. Dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan platform AI secara terarah dan etis dapat meningkatkan keberlanjutan literasi sains di sekolah dasar sekaligus memperkuat budaya inovasi di kalangan guru.

Kata kunci: literasi sains; kecerdasan buatan; STEM; pembelajaran sains; sekolah dasar

ABSTRACT

The low level of science literacy among elementary school students in Indonesia indicates the urgent need for learning innovations that integrate technology and interdisciplinary approaches. This Community Service Program (CSP) aims to improve science literacy and teachers' pedagogical competence through the optimization of artificial intelligence (AI) platforms such as PhET Simulation and ChatGPT in STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) learning. The implementation method consists of five phases: diagnostic participatory, intensive workshop, in-class coaching, reflective community, and sustainability evaluation using the CIPP (context, input, process, product) evaluation model. The results show a significant improvement in teachers' ability to integrate technology into learning (TPACK scores increased from 2.8 to 4.3) and in students' science literacy ($N\text{-gain } 0.62$; $effect\ size\ 0.78$). In addition, a reflective community called "STEM-AI Teachers" was established to strengthen the program's sustainability. It can be concluded that the purposeful and ethical use of AI platforms can enhance the sustainability of science literacy in elementary schools while fostering a culture of innovation among teachers.

Keywords: science literacy; artificial intelligence; STEM; science learning; elementary school

PENDAHULUAN

Pendidikan sains di jenjang Sekolah Dasar (SD) memegang peranan penting dalam membentuk dasar berpikir logis, kritis, dan analitis pada anak. Hal ini sejalan dengan tujuan pendidikan nasional yang menekankan pentingnya penguasaan pengetahuan, keterampilan, dan sikap ilmiah guna memahami dunia sekitar dan memecahkan masalah secara sistematis. Namun, realitas di lapangan menunjukkan bahwa literasi sains siswa SD di Indonesia masih tergolong rendah.

Hasil survei Programme for International Student Assessment (PISA) 2018 menunjukkan bahwa Indonesia berada pada peringkat 74 dari 79 negara dalam kemampuan sains, dengan skor rata-rata 396, jauh di bawah rata-rata internasional yaitu 489 (OECD, 2019). Rendahnya literasi sains ini menjadi perhatian serius, karena berimplikasi pada kurangnya kemampuan siswa dalam memahami konsep-konsep ilmiah, menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari, serta berpartisipasi dalam pembangunan berbasis ilmu pengetahuan dan teknologi.

Faktor penyebab rendahnya literasi sains siswa Indonesia antara lain miskonsepsi IPA oleh siswa, guru tidak menguasai literasi sains, dan sarana prasarana sekolah yang kurang memadai. Selain itu faktor penyebab rendahnya literasi sains adalah pendekatan pembelajaran yang masih bersifat konvensional, yaitu berpusat pada guru (teacher-centered), minim keterlibatan siswa, dan kurang terintegrasinya teknologi dalam proses pembelajaran. Hal ini sejalan dengan hasil wawancara pada guru SD MI Ar-Rahman yang menyatakan bahwa mayoritas guru masih menggunakan metode konvensional dan belum menggunakan teknologi karena fasilitas yang di sekolah belum siap. Menurut Rusman (2017), pembelajaran sains yang efektif harus mampu membangun pemahaman konseptual, prosedural, dan sikap ilmiah siswa melalui pengalaman belajar yang bermakna. Oleh karena itu, diperlukan inovasi pembelajaran yang mampu menjembatani kesenjangan antara teori dan aplikasi, serta membuat siswa aktif terlibat dalam proses konstruksi pengetahuan.

Dalam konteks ini, pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) muncul sebagai solusi yang relevan. STEM merupakan pendekatan interdisipliner yang mengintegrasikan konsep dan prinsip dari bidang sains, teknologi, teknik, dan matematika dalam pemecahan masalah nyata. Menurut Sanders (2009), STEM education memungkinkan siswa untuk mengembangkan keterampilan abad 21 seperti berpikir kritis, kolaborasi, kreativitas, dan komunikasi. Di tingkat SD, pendekatan STEM dapat diterapkan melalui kegiatan praktikum sederhana, proyek berbasis masalah, atau simulasi ilmiah yang menarik.

Implementasi pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) di sekolah dasar (SD) menghadapi berbagai tantangan yang perlu diatasi agar pembelajaran tersebut dapat diterapkan secara efektif. Salah satu tantangan utama yang dihadapi adalah kesulitan guru dalam merancang pembelajaran STEM yang terintegrasi dan kontekstual. Sebuah studi oleh Wahyuni & Kurniawan (2021) menunjukkan bahwa guru SD masih kesulitan dalam mengembangkan pembelajaran STEM yang menyeluruh, karena kurangnya pemahaman tentang bagaimana mengintegrasikan keempat komponen STEM secara efektif dalam kurikulum yang ada, sehingga pembelajaran STEM di SD sering kali terfragmentasi dan tidak dapat mengaitkan materi dengan kehidupan sehari-hari siswa secara maksimal. Selain itu, keterbatasan media dan sumber belajar yang relevan juga menjadi hambatan besar dalam implementasi STEM di banyak sekolah, khususnya yang berada di daerah dengan akses teknologi terbatas. Kurangnya sarana dan prasarana yang mendukung membuat guru kesulitan menyediakan

media pembelajaran yang sesuai untuk mendukung proses belajar mengajar, sehingga siswa kesulitan memahami konsep-konsep sains secara mendalam dan aplikatif. Oleh karena itu, dibutuhkan dukungan teknologi yang memadai untuk mengatasi kendala ini. Teknologi dapat menyediakan berbagai sumber belajar yang interaktif dan menarik, seperti simulasi, animasi, dan aplikasi berbasis STEM, yang membantu guru dalam menyampaikan konsep-konsep sains secara visual, interaktif, dan menyenangkan. Dengan adanya dukungan teknologi, guru dapat merancang pembelajaran STEM yang lebih efektif, kontekstual, serta meningkatkan minat dan pemahaman siswa terhadap sains, sehingga penerapan STEM di sekolah dasar menjadi lebih optimal (Wahyuni & Kurniawan, 2021).

Di sinilah peran platform kecerdasan buatan (AI) menjadi sangat penting. Platform AI seperti ChatGPT, PhET Interactive Simulations, Labster, dan Minecraft Education Edition dapat digunakan sebagai media pembelajaran STEM yang efektif. Menurut Holmes et al. (2019), AI memiliki potensi besar dalam mendukung personalisasi pembelajaran, simulasi percobaan ilmiah, dan penilaian otomatis. Dengan AI, siswa dapat belajar secara mandiri sesuai dengan gaya dan kecepatan belajar masing-masing, sementara guru dapat memantau perkembangan mereka secara real-time.

Sebagai contoh, PhET menyediakan simulasi interaktif untuk konsep fisika, kimia, biologi, dan matematika yang dapat diakses secara gratis. Studi oleh Wieman et al. (2008) menunjukkan bahwa penggunaan simulasi PhET dapat meningkatkan pemahaman konsep sains siswa secara signifikan. Sementara itu, ChatGPT dapat digunakan untuk menjawab pertanyaan ilmiah siswa, membantu guru dalam merancang RPP, atau membuat kuis interaktif. Menurut Kasneci et al. (2023), ChatGPT dapat menjadi asisten pengajar yang efektif jika digunakan secara etis dan terarah.

Platform kecerdasan buatan (AI) memainkan peran penting dalam mendukung keberlanjutan literasi sains di sekolah dasar, karena dapat diakses kapan saja dan di mana saja, sehingga mendukung pembelajaran tidak hanya di dalam kelas, tetapi juga di rumah. Hal ini sejalan dengan konsep blended learning yang semakin populer di era pasca-pandemi. Menurut Rahmawati & Khaeruddin (2022), pembelajaran hybrid dengan dukungan teknologi AI dapat meningkatkan keterlibatan siswa dan efisiensi pengajaran. Integrasi AI dalam pembelajaran memungkinkan siswa untuk belajar secara mandiri dengan bimbingan yang disesuaikan dengan kebutuhan individu, sementara guru dapat lebih fokus pada aspek-aspek pembelajaran yang memerlukan interaksi langsung dan pemantauan perkembangan siswa secara personal. Dengan demikian, penggunaan platform AI dalam pembelajaran sains di sekolah dasar tidak hanya meningkatkan aksesibilitas dan fleksibilitas belajar, tetapi juga memperkaya pengalaman belajar siswa dengan pendekatan yang lebih interaktif dan responsif terhadap kebutuhan mereka.

Namun, meskipun potensinya besar, pemanfaatan platform AI dalam pembelajaran sains di SD masih sangat minim. Penelitian oleh Sari & Prasetyo (2023) menunjukkan bahwa hanya 12% guru SD di Jabodetabek yang pernah menggunakan AI dalam pembelajaran, dan sebagian besar masih terbatas

pada pencarian informasi, bukan sebagai media interaktif. Kurangnya pelatihan, minimnya infrastruktur, serta ketidakpahaman terhadap manfaat AI menjadi faktor utama rendahnya adopsi teknologi ini.

Oleh karena itu, diperlukan upaya sistematis untuk mengintegrasikan platform AI dalam pembelajaran sains di SD, khususnya melalui pendekatan STEM. Program Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini hadir sebagai bentuk tanggung jawab sosial akademisi dalam mendukung *sustainable science literacy* di tingkat dasar. Kegiatan ini akan dilaksanakan di MI Ar-Rahman Rawakalong, yang sebelumnya telah menjadi mitra dalam kegiatan literasi digital, namun belum pernah menerima pelatihan khusus terkait pemanfaatan AI untuk pembelajaran sains.

Dengan melibatkan mahasiswa, dosen, dan mitra sekolah, program ini akan memberikan pelatihan, pendampingan, dan evaluasi secara berkelanjutan agar guru mampu menggunakan platform AI secara mandiri. Diharapkan, kegiatan ini tidak hanya meningkatkan literasi sains siswa, tetapi juga membangun budaya inovasi di kalangan pendidik dasar.

METODE

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) ini dilaksanakan di MI Ar-Rahman Rawakalong selama enam bulan, yaitu dari Mei hingga Oktober 2025. Program ini menggunakan pendekatan *participatory action research* (PAR) yang menekankan keterlibatan aktif para pemangku kepentingan dalam setiap tahapan kegiatan, mulai dari perencanaan, pelaksanaan, hingga evaluasi. Pendekatan ini dipadukan dengan model evaluasi CIPP (Context, Input, Process, Product) dari Stufflebeam (2003) untuk memastikan efektivitas program dan keberlanjutannya di lapangan. Sasaran kegiatan ini melibatkan delapan guru kelas atas dan sekitar sembilan puluh siswa kelas IV hingga VI MI Ar-Rahman Rawakalong.

Tahapan kegiatan diawali dengan fase *diagnostic participatory*, yaitu proses identifikasi kebutuhan guru melalui *focus group discussion* (FGD), survei berbasis model Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK), serta observasi pembelajaran di kelas. Tahap ini bertujuan memetakan tingkat kesiapan guru dalam mengintegrasikan teknologi kecerdasan buatan (AI) ke dalam pembelajaran sains berbasis STEM. Hasil analisis awal menunjukkan sebagian besar guru belum familiar dengan penggunaan platform AI seperti PhET dan ChatGPT, sehingga pelatihan lebih difokuskan pada peningkatan literasi digital dan pedagogi inovatif.

Tahap berikutnya adalah *workshop intensif* yang dirancang untuk memberikan pelatihan teknis dan pedagogis terkait penerapan platform AI dalam pembelajaran STEM. Kegiatan ini berlangsung selama satu hari dengan model pelatihan partisipatif yang melibatkan sesi praktik langsung (*hands-on activity*). Para guru dilatih menggunakan PhET Interactive Simulations untuk memvisualisasikan

konsep-konsep sains secara interaktif, serta memanfaatkan ChatGPT untuk merancang soal berpikir tingkat tinggi (HOTS), narasi ilmiah, dan refleksi pembelajaran. Dalam workshop ini, peserta juga melakukan *micro-teaching* menggunakan rubrik *Reformed Teaching Observation Protocol* (RTOP) guna menilai sejauh mana pembelajaran yang mereka rancang berorientasi pada pendekatan ilmiah dan berpusat pada siswa.

Tahap ketiga adalah *in-class coaching*, yaitu pendampingan langsung di kelas dengan model *co-teaching* dan *peer coaching*. Pada tahap ini, dosen dan guru bersama-sama merancang serta mengimplementasikan pembelajaran STEM berbasis AI. Model *co-teaching* digunakan agar guru dapat beradaptasi dengan penggunaan teknologi tanpa merasa terbebani, sementara *peer coaching* mendorong refleksi sejawat melalui observasi dan umpan balik konstruktif. Setiap sesi pendampingan diakhiri dengan diskusi reflektif antara guru dan fasilitator untuk mengevaluasi keberhasilan kegiatan pembelajaran dan merencanakan perbaikan untuk pertemuan berikutnya.

Tahap keempat adalah pembentukan *komunitas reflektif* yang berfungsi sebagai wadah bagi guru untuk saling berbagi pengalaman, tantangan, dan praktik baik dalam mengimplementasikan pembelajaran STEM berbasis AI. Komunitas ini dibentuk melalui platform daring bernama “Guru STEM-AI MI Ar-Rahman”, yang beranggotakan para guru peserta, dosen pendamping, dan guru mitra dari sekolah lain. Melalui komunitas ini, setiap guru diminta mengunggah refleksi praktik pembelajaran setiap minggu dalam bentuk video, foto, atau catatan lapangan, kemudian mendapat tanggapan dari rekan sejawat. Proses ini memperkuat budaya kolaboratif sekaligus mendorong pembelajaran berkelanjutan.

Tahap terakhir adalah *evaluasi keberlanjutan* yang dilakukan menggunakan model CIPP untuk menilai konteks, masukan, proses, dan produk kegiatan. Evaluasi konteks meninjau relevansi program terhadap kebutuhan guru dan sekolah. Evaluasi masukan menilai dukungan sumber daya, termasuk peningkatan sarana seperti penambahan router dan tablet hasil donasi. Evaluasi proses mencermati keterlaksanaan pelatihan, pendampingan, dan kegiatan komunitas reflektif, sedangkan evaluasi produk mengukur peningkatan kemampuan guru dan hasil belajar siswa melalui *pre-test* dan *post-test* serta survei TPACK. Data dianalisis secara deskriptif kualitatif dan kuantitatif untuk memperoleh gambaran komprehensif mengenai efektivitas program.

Melalui rangkaian metode ini, kegiatan PKM tidak hanya menghasilkan peningkatan kompetensi guru dan literasi sains siswa, tetapi juga membangun sistem pendukung yang memungkinkan keberlanjutan inovasi pembelajaran berbasis kecerdasan buatan di tingkat sekolah dasar.

HASIL

Pelaksanaan kegiatan PKM di MI Ar-Rahman Rawakalong telah berjalan sesuai dengan rencana program yang mencakup lima fase utama: *diagnostic participatory*, *workshop intensif*, *in-class coaching*, *komunitas reflektif*, dan *evaluasi keberlanjutan*. Setiap fase menghasilkan capaian yang signifikan baik dari sisi peningkatan kompetensi guru maupun keterlibatan siswa dalam pembelajaran STEM berbasis AI.

Kegiatan FGD dan survei awal menunjukkan bahwa sebelum intervensi, sebagian besar guru (78%) merasa cukup familiar dengan ICT, namun belum percaya diri untuk mengintegrasikannya dalam pembelajaran sains. Hanya 12% yang pernah menggunakan media simulasi PhET, dan tidak ada yang menggunakan ChatGPT untuk mendukung pembelajaran. Melalui diskusi partisipatif, diperoleh kebutuhan utama guru yaitu: pelatihan teknis, contoh praktik baik integrasi AI, serta pendampingan langsung di kelas.

Workshop satu hari yang diikuti oleh delapan guru MI Ar-Rahman berhasil meningkatkan pemahaman konseptual dan keterampilan teknologis guru. Berdasarkan hasil *pre-test* dan *post-test* kemampuan TPACK, terjadi peningkatan rata-rata skor sebesar 35%. Guru juga mampu merancang RPP tematik-STEM yang mengintegrasikan PhET dan ChatGPT sebagai media pembelajaran. Aktivitas *micro-teaching* menghasilkan peningkatan signifikan pada skor RTOP (dari rata-rata 41 menjadi 64), menunjukkan peningkatan kemampuan guru menerapkan pembelajaran yang berpusat pada siswa dan berbasis eksplorasi.

Kegiatan *co-teaching* dan *peer coaching* dilakukan di tiga kelas (kelas 4, 5, dan 6). Pada tahap awal, guru cenderung pasif dan bergantung pada fasilitator saat mengoperasikan simulasi PhET. Namun, pada pertemuan kedua, guru mulai memimpin secara mandiri dan menunjukkan kreativitas dalam memodifikasi kegiatan eksperimen digital. Hasil observasi RTOP menunjukkan peningkatan sebesar 22%, sementara nilai *N-gain* hasil belajar siswa mencapai 0,62 (kategori sedang–tinggi). Guru juga melaporkan bahwa siswa lebih antusias dan aktif bertanya, khususnya ketika menggunakan ChatGPT untuk mencari penjelasan ilmiah yang relevan dengan eksperimen.

Komunitas daring “Guru STEM-AI MI Ar-Rahman” menjadi wadah penting untuk refleksi dan berbagi praktik baik. Dalam kurun waktu empat minggu, tercatat 21 unggahan refleksi praktik dari guru yang menampilkan kegiatan berbasis AI seperti simulasi listrik statis dan proyek “mini water filter” berbasis prinsip STEM. Analisis tematik menunjukkan empat topik refleksi dominan, yaitu diferensiasi peserta didik, manajemen waktu saat simulasi, etika penggunaan ChatGPT, dan kolaborasi dengan orang tua. Komunitas ini memperkuat jejaring profesional guru dan menjaga kesinambungan inovasi pasca pelatihan.

Evaluasi akhir berbasis model CIPP menunjukkan peningkatan pada seluruh aspek: pada tahap Contex kesadaran guru terhadap pentingnya literasi sains meningkat, dibuktikan dengan adopsi RPP

berbasis STEM-AI di 100% kelas atas, Pada tahap Input sekolah menambah dua router baru dan lima tablet hasil donasi, serta menyusun SOP pemeliharaan perangkat digital. Pada Prosess RPP dan implementasi pembelajaran menunjukkan integrasi yang baik antara konten sains, teknologi AI, dan strategi pedagogi (skor TPACK naik dari 2,8 menjadi 4,3 dari skala 5). Pada Product hasil *post-test* siswa menunjukkan peningkatan signifikan dengan *effect size* 0,78 (kategori besar). Selain itu, 90% siswa menyatakan pembelajaran dengan PhET dan ChatGPT membuat mereka lebih memahami konsep sains.

PEMBAHASAN

Hasil kegiatan menunjukkan bahwa integrasi platform AI dalam pembelajaran STEM secara signifikan meningkatkan literasi sains siswa dan kompetensi pedagogis guru. Hal ini sejalan dengan temuan Holmes et al. (2019) bahwa AI dapat memperkuat pembelajaran yang adaptif dan kontekstual. Peningkatan kemampuan guru dalam memanfaatkan PhET dan ChatGPT menandakan tercapainya keseimbangan antara konten, pedagogi, dan teknologi sebagaimana diuraikan dalam model TPACK (Koehler & Mishra, 2009).

Keberhasilan *co-teaching* dan *peer coaching* juga mendukung teori Villa et al. (2013) bahwa pendampingan kolaboratif dapat mengurangi kecemasan guru terhadap teknologi baru dan mempercepat adopsi inovasi. Kegiatan reflektif berbasis komunitas memperkuat hasil penelitian Schön (2017) dan Lewis & Hurd (2018) bahwa praktik refleksi berkelanjutan merupakan kunci pembentukan profesionalisme guru. Adanya komunitas “Guru STEM-AI” memperlihatkan transformasi budaya pembelajaran dari yang bersifat individual menuju kolaboratif.

Peningkatan hasil belajar siswa, baik secara kognitif maupun afektif, menunjukkan bahwa media AI seperti PhET dan ChatGPT mampu menghadirkan pengalaman belajar yang lebih interaktif, konkret, dan sesuai dengan karakteristik pembelajaran abad ke-21. Hal ini sejalan dengan studi Wieman et al. (2008) yang menyatakan bahwa simulasi interaktif meningkatkan pemahaman konseptual sains secara signifikan. Sementara penggunaan ChatGPT memperkaya eksplorasi ilmiah siswa dengan umpan balik instan, sebagaimana dijelaskan oleh Kasneci et al. (2023).

Secara keseluruhan, kegiatan PKM ini berhasil menumbuhkan budaya inovasi dan refleksi di kalangan guru, memperkuat infrastruktur pembelajaran berbasis teknologi, serta meningkatkan literasi sains siswa secara berkelanjutan. Ke depan, model pelatihan dan pendampingan ini dapat direplikasi di sekolah dasar lain sebagai best practice pengintegrasian AI dalam pendidikan STEM.

SIMPULAN

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini berhasil menunjukkan bahwa pemanfaatan platform kecerdasan buatan (AI) seperti PhET Interactive Simulations dan ChatGPT dapat menjadi strategi

efektif dalam meningkatkan literasi sains dan kompetensi pedagogis guru sekolah dasar. Melalui pendekatan berbasis *participatory action research* dan pendampingan berkelanjutan, guru mampu memahami serta mengimplementasikan pembelajaran STEM yang lebih kontekstual, interaktif, dan berpusat pada siswa. Hasil evaluasi menunjukkan adanya peningkatan kemampuan guru dalam memadukan aspek teknologi, pedagogi, dan konten (TPACK), disertai peningkatan signifikan pada hasil belajar serta partisipasi aktif siswa dalam kegiatan sains.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada **Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Pamulang** yang telah memberikan dukungan pendanaan, arahan, serta fasilitasi selama pelaksanaan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada **Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Pamulang** yang telah memberikan dukungan akademik dan sumber daya dalam perencanaan serta pelaksanaan kegiatan. Kepada pihak **MI Ar-Rahman Rawakalong** selaku mitra kegiatan yang telah membuka ruang kolaborasi, menyediakan waktu, serta mendukung seluruh rangkaian kegiatan pelatihan, pendampingan, dan implementasi pembelajaran STEM berbasis kecerdasan buatan. Dukungan dan partisipasi aktif para guru serta siswa MI Ar-Rahman menjadi faktor utama keberhasilan kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Hall, G. E., & Hord, S. M. (2020). *Implementing change: Patterns, principles, and potholes* (4th ed.). Pearson
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning*. Center for Curriculum Redesign
- Kasneci, E., et al. (2023). *ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education*. Learning and Individual Differences, 103, 102274.
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60-70.
- Lewis, C., & Hurd, J. (2018). *Lesson study step by step: How teacher learning communities improve instruction*. Heinemann.
- OECD. (2019). *PISA 2018 Results: What Students Know and Can Do*. Paris: OECD Publishing.
- Rahmawati, Y., & Khaeruddin. (2022). *Pembelajaran Hybrid Berbasis AI di Sekolah Dasar*. Jurnal Basicedu, 6(4), 6789–6796.
- Remillard, J. T. (2025). *Teachers' use of mathematics curriculum materials: Research perspectives on relationships between teachers and curriculum*. Routledge.
- Rusman. (2017). *Model-Model Pembelajaran Mengembangkan Profesionalisme Guru*. Rajawali Pers.
- Sanders, M. (2009). *STEM, STEM Education, STEM Mania*. The Technology Teacher, 68(4), 20–26.
- Sari, D. P., & Prasetyo, B. (2023). *Adopsi Teknologi AI oleh Guru SD di Indonesia*. Jurnal Teknologi Pendidikan, 15(1), 45–58.
- Schön, D. A. (2017). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. Routledge.

- Villa, R. A., Thousand, J. S., & Nevin, A. I. (2013). *A guide to co-teaching: New lessons and strategies to facilitate student learning*. Corwin Press.
- Wahyuni, S., & Kurniawan, D. A. (2021). *Implementasi Pembelajaran STEM di Sekolah Dasar*. Jurnal Cakrawala Pendas, 7(2), 123–134
- Wieman, C. E., Adams, W. K., & Perkins, K. K. (2008). PhET: Simulations that enhance learning. *Science*, 322(5902), 682-683.
- Wieman, C. E., Adams, W. K., & Perkins, K. K. (2008). *PhET: Simulations That Enhance Learning*. *Science*, 322(5902), 682–683