

Kesiapan Guru IPA dalam Mengimplementasikan Pembelajaran Berbasis STEM di Madrasah Ibtidaiyah

Rizka Safitri¹, Siti Fatonah²

Pascasarjana UIN Sunan Kalijaga, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia^{1,2}

23204081016@student.uin-suka.ac.id¹, siti.fatonah@uin-suka.ac.id²

Abstrak: Pendekatan pembelajaran berbasis STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) semakin relevan dalam mempersiapkan siswa menghadapi tantangan abad ke-21, seperti keterampilan berpikir kritis, kreatif, dan pemecahan masalah. Penelitian ini bertujuan menganalisis kesiapan guru IPA di Madrasah Ibtidaiyah untuk mengimplementasikan pembelajaran berbasis STEM. Metode penelitian menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain studi kasus dan fenomenologis. Data dikumpulkan melalui wawancara dan angket, kemudian dianalisis menggunakan triangulasi data untuk validitas temuan. Hasil penelitian menunjukkan kesiapan afektif guru IPA berada pada tingkat tinggi (80%), kesiapan kognitif cukup baik (70%), namun kesiapan praktis (60%) dan dukungan eksternal (50%) masih memerlukan perhatian serius. Hambatan utama dalam implementasi mencakup kurangnya pelatihan intensif, keterbatasan fasilitas pendukung, serta tantangan dalam mengintegrasikan elemen-elemen STEM dalam pembelajaran. Strategi yang direkomendasikan meliputi penyelenggaraan pelatihan berkelanjutan, penyediaan fasilitas dan sumber daya, serta pendekatan bertahap untuk mendukung guru dalam mengembangkan proyek STEM sederhana yang relevan dengan konteks madrasah. Kesimpulan penelitian ini menegaskan bahwa meskipun tantangan tetap ada, guru IPA di Madrasah Ibtidaiyah memiliki potensi besar untuk meningkatkan pembelajaran berbasis STEM melalui dukungan dan kolaborasi yang tepat. Hasil ini diharapkan dapat menjadi rujukan untuk kebijakan pendidikan yang lebih inklusif, khususnya dalam meningkatkan kompetensi guru dan kualitas pembelajaran di tingkat dasar.

Kata kunci: Kesiapan Guru IPA, Pembelajaran Berbasis STEM, Madrasah Ibtidaiyah.

The Readiness of Science Teachers in Implementing STEM-Based Learning at Madrasah Ibtidaiyah

Abstract: STEM-based education, integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics, is pivotal in equipping students with essential skills such as critical thinking, creativity, and problem-solving for the 21st century. This study explores the readiness of science teachers at Madrasah Ibtidaiyah to implement STEM-based teaching approaches. A qualitative methodology employing case studies and phenomenological design was applied, with data collected through interviews and questionnaires. Triangulation methods ensured the validity of findings. The research indicated that while science teachers demonstrated strong affective readiness (80%) and satisfactory cognitive preparedness (70%), their practical readiness (60%) and access to external support (50%) remain areas needing attention. Challenges included limited professional training, insufficient facilities, and difficulties in seamlessly integrating STEM elements into daily teaching practices. Recommendations from this study include regular, comprehensive training programs, improved infrastructure and resource support, and a phased implementation approach allowing teachers to develop STEM-based projects aligned with their students' needs and classroom conditions. This study underscores the untapped potential of science teachers to significantly improve STEM-based education at Madrasah Ibtidaiyah, provided there is robust institutional support and collaboration among stakeholders. The insights gained offer a valuable foundation for crafting inclusive policies to enhance teacher competencies and elevate educational quality at the elementary level.

Keywords: Science Teacher Readiness, STEM-Based Learning, Madrasah Ibtidaiyah.

1. Pendahuluan

Dalam beberapa tahun terakhir, paradigma pendidikan global telah mengalami perubahan signifikan (Surachman dkk., 2024). Pembelajaran berbasis STEM (*Science,*

Technology, Engineering, and Mathematics) menjadi salah satu pendekatan yang banyak diadopsi untuk menjawab tuntutan Revolusi Industri 4.0 (Nida'ul Khairiyah, 2019; Rukmansyah, 2020). Menurut Safiati dkk, (2024)

Pendekatan ini menawarkan integrasi multidisipliner yang bertujuan untuk meningkatkan kompetensi siswa dalam memecahkan masalah, berpikir kritis, dan berinovasi. Di Indonesia, upaya untuk mengimplementasikan pembelajaran berbasis STEM telah diperkenalkan melalui berbagai kebijakan pendidikan (Alie, 2024; Nurfajariyah & Kusumawati, 2023). Namun, menurut Yanti dkk., (2024) keberhasilan penerapannya di lapangan sangat bergantung pada kesiapan guru sebagai fasilitator utama dalam proses belajar-mengajar.

Guru IPA di madrasah ibtidaiyah memiliki peran strategis dalam mewujudkan pembelajaran berbasis STEM (Nurmala dkk., 2021). Sebagai pengampu mata pelajaran yang menjadi inti dari pendekatan STEM, guru IPA diharapkan mampu merancang pembelajaran yang integratif, kontekstual, dan berorientasi pada pemecahan masalah (Wicaksono, 2020). Namun, berbagai tantangan masih dihadapi, mulai dari kurangnya pelatihan yang memadai, keterbatasan fasilitas, hingga minimnya pengalaman guru dalam menerapkan metode pengajaran STEM (Fadillah, 2024; Nurfajariyah & Kusumawati, 2023). Kondisi ini menimbulkan pertanyaan tentang sejauh mana kesiapan guru IPA dalam mendukung implementasi pembelajaran berbasis STEM di tingkat madrasah ibtidaiyah.

Implementasi STEM di madrasah ibtidaiyah memerlukan pemahaman mendalam terhadap konsep dasar dan pendekatan integratif yang digunakan (Atiaturrahmaniah dkk., 2022; Lokollo dkk., 2024; Nurfajariyah & Kusumawati, 2023; W. Ramadhan, 2023). Guru harus memiliki keterampilan untuk menyelaraskan keempat aspek STEM dalam satu proses pembelajaran yang efektif (Farwati, 2021). Selain itu, guru juga perlu menguasai penggunaan teknologi sebagai alat bantu pembelajaran yang relevan dengan perkembangan zaman (Adisel & Pranansa, 2020; Ardiansyah, 2021; Ayun & Wathon, 2021; Hanannika & Sukartono, 2022). Tanpa kesiapan yang memadai, upaya untuk mengintegrasikan STEM ke dalam kurikulum madrasah ibtidaiyah dapat terhambat, sehingga tidak memberikan dampak yang optimal bagi siswa (Mustika dkk., 2024).

Kesiapan guru tidak hanya mencakup aspek akademis, tetapi juga aspek emosional dan motivasional (Safari & Putri, 2024; Suciono, 2021). Guru harus memiliki kepercayaan diri untuk mengadopsi metode baru dan keberanian untuk berinovasi dalam proses pengajaran (Daga, 2021; Efendi & Sholeh, 2023; Khadijah & Salim, 2024). Selain itu, dukungan dari pihak sekolah, seperti penyediaan fasilitas, pelatihan

berkelanjutan, dan pendampingan, juga menjadi faktor penting yang memengaruhi kesiapan guru (Fachrina dkk., 2024; Wally dkk., 2024; Zurriati, 2024). Tanpa dukungan yang memadai, banyak guru merasa kesulitan dalam beradaptasi dengan pendekatan pembelajaran berbasis STEM (Azzahrah dkk., 2024; Fathoni & Gunawan, 2024).

Tantangan dalam implementasi STEM juga diperparah oleh keragaman kondisi sekolah di Indonesia (Tarumingkeng, 2024). Banyak madrasah ibtidaiyah, terutama yang berada di daerah terpencil, menghadapi keterbatasan dalam hal sumber daya, seperti laboratorium, perangkat teknologi, dan bahan ajar (Arvianti dkk., 2024; Gusniati dkk., 2024; Rusdi, 2024; F. Sari & Riansi, 2024; U. P. Sari dkk., 2024). Menurut Putra, (2024) hal ini dapat menyebabkan kesenjangan dalam kesiapan guru untuk menerapkan pembelajaran berbasis STEM. Guru yang berada di daerah perkotaan mungkin memiliki akses lebih baik terhadap pelatihan dan fasilitas, sedangkan guru di daerah terpencil sering kali harus berusaha keras untuk memenuhi standar yang sama (Ainun dkk., 2024; Putra, 2024; Sassi, 2024; Y. Yusuf, 2024).

Selain tantangan praktis, faktor kurikulum juga memainkan peran penting. Berbeda dengan Kurikulum 2013, Kurikulum Merdeka menawarkan pendekatan yang lebih fleksibel dan memberikan ruang lebih luas bagi guru untuk berinovasi dalam pembelajaran (Saputra & Stiawan, 2024; Viqri dkk., 2024). Dalam kurikulum ini, integrasi STEM menjadi semakin relevan karena prinsip pembelajaran yang berorientasi pada proyek atau *project-based learning* (Abas dkk., 2024; Emilidha dkk., 2024). Pendekatan ini mendorong siswa untuk mengeksplorasi masalah nyata dan mencari solusinya melalui kolaborasi lintas disiplin (Rilianty dkk., 2023). Meski demikian, tantangan utama tetap terletak pada kemampuan guru untuk menyusun proyek STEM yang sesuai dengan kebutuhan dan tingkat pemahaman siswa madrasah ibtidaiyah (Anggrella dkk., 2024). Tanpa panduan dan pelatihan yang memadai, penerapan konsep STEM dalam Kurikulum Merdeka bisa sulit terlaksana secara efektif. Oleh karena itu, kesiapan guru IPA menjadi sangat penting agar mereka dapat memanfaatkan kebebasan dalam kurikulum ini untuk meningkatkan kualitas pembelajaran.

Keterlibatan berbagai pemangku kepentingan dalam pendidikan juga menjadi elemen kunci dalam mendukung kesiapan guru (Arifin & Mu'id, 2024; Gunawan & Bahari, 2024). Pemerintah, lembaga pendidikan, organisasi

masyarakat, dan industri dapat berkolaborasi untuk menciptakan ekosistem pembelajaran berbasis STEM yang inklusif (Siregar dkk., 2023; M. Yusuf, 2023). Misalnya, pemerintah dapat memberikan subsidi untuk pelatihan guru, sementara industri dapat menyediakan perangkat teknologi yang diperlukan untuk pembelajaran (Ilmi dkk., 2024). Dengan sinergi yang baik, hambatan-hambatan dalam implementasi STEM dapat diminimalkan.

Pada akhirnya, tujuan utama dari implementasi pembelajaran berbasis STEM adalah membekali siswa dengan keterampilan abad ke-21 (Suryadi & Kurniati, 2021). Oleh karena itu, guru harus memprioritaskan penciptaan pengalaman belajar yang menyenangkan, relevan, dan bermakna bagi siswa. Dengan pemahaman yang baik terhadap konsep STEM, guru dapat membantu siswa untuk mengembangkan kreativitas, logika, dan daya saing yang tinggi. Hal ini tentu akan memberikan dampak positif bagi perkembangan pendidikan nasional.

Artikel ini bertujuan untuk menganalisis sejauh mana kesiapan guru IPA dalam mengimplementasikan pembelajaran berbasis STEM di madrasah ibtidaiyah. Melalui analisis ini, diharapkan dapat ditemukan solusi-solusi strategis untuk meningkatkan kompetensi guru serta mengidentifikasi hambatan-hambatan yang memengaruhi kesiapan guru IPA dalam mengimplementasikan pembelajaran berbasis STEM di madrasah ibtidaiyah. Dengan demikian, implementasi pembelajaran berbasis STEM dapat berjalan secara efektif, merata, dan berkesinambungan.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kualitatif deskriptif dengan metode studi kasus dan pendekatan fenomenologis. Penelitian kualitatif adalah metode penelitian yang bertujuan untuk memahami fenomena secara mendalam berdasarkan perspektif individu atau kelompok dalam konteks tertentu, menggunakan data berupa narasi, deskripsi, atau hasil observasi tanpa fokus pada angka atau statistik (Khilmiyah, 2016; Rukin, 2019; Syahrizal & Jailani, 2023). Penelitian kualitatif dipilih untuk menggali pemahaman mendalam mengenai kesiapan guru IPA dalam mengimplementasikan pembelajaran berbasis STEM di Madrasah Ibtidaiyah. Melalui studi kasus, penelitian ini berfokus pada analisis mendalam tentang fenomena kesiapan guru dalam konteks sekolah tertentu, dengan mengulik pengalaman para guru dalam menghadapi tantangan dan potensi yang ada. Pendekatan fenomenologis digunakan untuk

menggali pengalaman subjektif guru terkait faktor-faktor atau hambatan yang memengaruhi kesiapan mereka dalam menerapkan pembelajaran IPA berbasis STEM di Madrasah Ibtidaiyah.

Penelitian ini dilaksanakan di salah satu Madrasah Ibtidaiyah dengan mempertimbangkan karakteristik lingkungan madrasah. Subjek penelitian terdiri dari 3 guru IPA, 3 guru kelas yang mengajar IPA, dan kepala sekolah turut dilibatkan sebagai informan pendukung. Penentuan subjek dilakukan menggunakan teknik *purposive sampling*, yang dipilih berdasarkan kriteria tertentu untuk memastikan relevansi data yang diperoleh dalam penelitian ini.

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini berupa instrumen wawancara semi-terstruktur. Instrumen ini digunakan untuk menggali pendapat dan pengalaman guru serta kesiapan dalam mengimplementasikan pembelajaran berbasis STEM. Wawancara dirancang untuk memberikan kebebasan kepada subjek untuk mengekspresikan pandangan mereka secara lebih luas. Selain itu, instrumen lain yang digunakan adalah angket atau kuesioner sebagai pelengkap untuk mengetahui sejauh mana pemahaman dan persepsi guru terhadap pembelajaran berbasis STEM.

Pengumpulan data dilakukan melalui penyebaran angket yang disebarakan melalui platform *Google Form*. Metode ini dipilih karena lebih praktis dan memungkinkan guru untuk memberikan jawaban secara fleksibel sesuai waktu luang mereka. Kemudian, data juga dikumpulkan dengan wawancara secara mendalam melalui via *WhatsApp*. Dengan cara ini, proses pengumpulan data dapat menjangkau seluruh subjek penelitian tanpa terkendala waktu dan lokasi. Teknik analisis data dilakukan dengan menerapkan teknik triangulasi untuk meningkatkan validitas temuan (Creswell, 2018). Langkah-langkahnya dimulai dengan pengumpulan data dari berbagai sumber, kemudian dilanjutkan dengan seleksi data untuk memilih informasi yang relevan. Setelah itu, data disajikan secara sistematis sehingga pola dan tema dapat diidentifikasi, dan akhirnya ditarik kesimpulan berdasarkan hasil analisis tersebut. Dengan pendekatan ini, peneliti dapat menghasilkan pemahaman yang lebih mendalam dan menyeluruh terhadap fenomena yang diteliti (Rosyada, 2020).

3. Hasil dan Pembahasan

Pembelajaran berbasis STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) adalah pendekatan pendidikan yang

mengintegrasikan empat bidang ilmu secara terpadu untuk menciptakan pembelajaran yang lebih relevan dengan dunia nyata (Davidi dkk., 2021; Nida'ul Khairiyah, 2019). Menurut Mu'Minah & Aripin, (2019) pendekatan STEM bertujuan untuk mengembangkan berbagai keterampilan abad ke-21, seperti berpikir kritis, pemecahan masalah, kreativitas, kolaborasi, dan literasi digital. Dalam pembelajaran STEM, ilmu sains dimanfaatkan untuk memahami fenomena alam dan prinsip-prinsip ilmiah, teknologi digunakan untuk memfasilitasi atau menciptakan solusi, teknik (*engineering*) diterapkan dalam merancang serta membangun inovasi, dan matematika berperan dalam menganalisis data serta mendukung proses logis dalam pengambilan keputusan (Bancong, 2024). Hal ini sesuai dengan pendapat R1, R2, dan R3 mengenai manfaat yang diperoleh siswa melalui penerapan pembelajaran berbasis STEM, adapun pendapatnya disampaikan bahwa pembelajaran seperti ini tidak hanya membantu siswa mempelajari konsep sains, teknologi, teknik, dan matematika, tetapi juga mengembangkan kreativitas, keterampilan kolaborasi, dan kemampuan berpikir kritis. Selain itu, pendekatan STEM yang kontekstual menciptakan pengalaman belajar yang relevan dengan kehidupan sehari-hari, sehingga siswa lebih termotivasi untuk belajar dan dapat memahami aplikasi ilmu secara praktis (Wawancara dengan R1, R2, dan R3: 15/12/24)

Hasil wawancara di atas sejalan dengan pendapat Melina, (2022) yang mengatakan bahwa, pembelajaran berbasis STEM yang telah terbukti dapat mengembangkan keterampilan abad ke-21, seperti berpikir kritis, kreativitas, dan kolaborasi. Menurut teori pembelajaran kontekstual Dewey (1938), pengalaman belajar yang relevan dengan kehidupan sehari-hari dapat meningkatkan motivasi siswa dan pemahaman konsep (Yolanda dkk., 2024). Dalam wawancara, para guru juga menyampaikan bahwa pendekatan STEM mendorong kolaborasi melalui kegiatan proyek seperti merancang dan membangun model sederhana. E. H. Ramadhan & Hindun, (2023) menambahkan bahwa kegiatan ini tidak hanya memberikan ruang bagi siswa untuk berpikir kreatif dan menerapkan konsep yang dipelajari, tetapi juga meningkatkan keterlibatan mereka dalam pembelajaran.

Karakteristik utama dari pembelajaran berbasis STEM adalah penerapan pendekatan interdisipliner yang melibatkan pembelajaran berbasis masalah (*problem-based learning*) dan pembelajaran berbasis proyek (*project-based learning*) (Suryaningsih & Nisa, 2021). Menurut

Kumalasari dkk, (2024) kedua pendekatan ini bertujuan untuk membekali siswa dengan kemampuan memecahkan masalah yang nyata dan relevan dengan kehidupan sehari-hari. Proses pembelajaran melibatkan aktivitas seperti merancang solusi terhadap suatu masalah, melakukan eksperimen, menganalisis hasil, dan mempresentasikan temuan mereka. Proyek-proyek ini tidak hanya meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi, tetapi juga melatih mereka untuk berinovasi dan berkolaborasi dalam kelompok.

Mu'minah, (2021) mengatakan bahwa, penerapan pembelajaran berbasis STEM di tingkat Madrasah Ibtidaiyah harus dilakukan secara sederhana dan sesuai dengan tingkat perkembangan kognitif siswa agar siswa menguasai keterampilan abad 21. Misalnya dalam penerapan, guru dapat mengangkat topik yang dekat dengan kehidupan sehari-hari siswa untuk memudahkan mereka memahami konsep STEM. Hal ini selaras dengan pendapat R4, dan R5 mengenai penerapan pembelajaran berbasis STEM di Madrasah Ibtidaiyah, adapun pendapatnya yaitu STEM dapat diterapkan di Madrasah Ibtidaiyah. Tapi, penerapannya harus secara sederhana agar siswa paham konsep yang diajarkan. Misalkan contoh penerapannya itu pada topik "Menyelamatkan Tanaman dari Kekeringan". Di sini siswa bisa diajak untuk membuat sebuah proyek yaitu sistem irigasi sederhana. Dalam kegiatan ini, siswa mempelajari kebutuhan dasar tanaman, seperti air dan cahaya, serta dampak kekeringan terhadap pertumbuhan tanaman. Hal ini berkaitan dengan aspek sains. Kemudian, mereka memanfaatkan teknologi sederhana, misalnya menggunakan botol plastik dan tali kapas, untuk membuat alat irigasi yang dibantu dengan panduan dari video pembelajaran. Di sisi teknik, siswa merancang sistem irigasi dengan menggambar desain awal sebelum membangunnya. Sedangkan pada aspek matematika, siswa mengukur jumlah air yang diberikan dan menghitung berapa lama air dalam wadah bisa bertahan (Wawancara dengan R4 dan R5: 15/12/24).

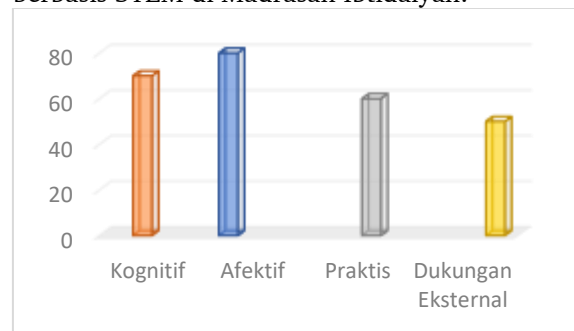
Hal ini sangat sejalan dengan prinsip dasar pembelajaran STEM yang menekankan integrasi berbagai disiplin ilmu melalui pengalaman langsung dan penyelesaian masalah nyata (Pambayun & Shofiyah, 2023). Kegiatan seperti proyek "Menyelamatkan Tanaman dari Kekeringan" memberikan kesempatan kepada siswa untuk tidak hanya memahami, tetapi juga mengaplikasikan konsep-konsep dalam bidang Sains, Teknologi, Teknik, dan Matematika

dengan cara yang sederhana, sesuai dengan tingkat kemampuan mereka. Saksono dkk, (2023) menguatkan bahwa, konsep pembelajaran berbasis proyek yang diterapkan dalam konteks ini mendukung pembelajaran yang aktif, di mana siswa tidak hanya menerima informasi secara pasif, tetapi juga terlibat secara langsung dalam proses eksplorasi dan penciptaan solusi terhadap masalah yang ada. Dengan demikian, penerapan pembelajaran STEM yang sederhana namun terintegrasi ini tidak hanya memungkinkan siswa untuk menguasai pengetahuan, tetapi juga membangun keterampilan yang sangat relevan dengan kehidupan sehari-hari mereka. Hal ini juga memberikan fondasi yang kokoh bagi pemahaman konsep-konsep yang lebih kompleks yang akan mereka pelajari di masa depan.

Kesiapan adalah kondisi individu yang membuatnya dapat memberikan respons atau jawaban dengan cara yang tepat terhadap suatu situasi (Muspawati & Lestari, 2020). Menurut Wardhani & Wiarsih, (2024) bahwa, kesiapan ini tidak hanya melibatkan kesiapan mental, tetapi juga kesiapan fisik, kognitif, dan emosional, serta keterampilan yang diperlukan untuk menghadapi tantangan. Safitri & Prastowo, (2024) menambahkan bahwa, untuk mencapai tujuan yang diinginkan, setiap langkah pembelajaran harus direncanakan dengan cermat dan matang, dengan memperhitungkan kemungkinan hambatan serta cara untuk mengatasinya. Dengan demikian, kesiapan menjadi faktor kunci dalam meminimalkan risiko atau keadaan yang tidak diinginkan, serta memaksimalkan potensi keberhasilan dalam mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Kesiapan ini bukan hanya bersifat reaktif, namun juga proaktif, mengantisipasi situasi yang mungkin muncul dan mempersiapkan segala sumber daya yang dibutuhkan untuk menghadapi setiap keadaan yang ada.

Dalam konteks pembelajaran IPA, kesiapan guru IPA sangat berpengaruh terhadap keberhasilan pembelajaran, khususnya pembelajaran IPA yang berbasis STEM. Pembelajaran STEM menuntut perubahan cara pandang guru dalam mengelola kelas dan menyampaikan materi yang bersifat interdisipliner dan aplikatif (Riyanto dkk., 2021; M. Yusuf, 2023). Guru IPA harus mampu menerapkan pendekatan berbasis proyek yang mengintegrasikan sains, teknologi, rekayasa, dan matematika dalam kegiatan pembelajaran. Implementasi pembelajaran berbasis STEM di Madrasah Ibtidaiyah khususnya pada mata pelajaran IPA menuntut guru IPA untuk memiliki

pemahaman mendalam tentang setiap aspek STEM serta kemampuan untuk mengintegrasikan materi IPA ke dalam pembelajaran yang relevan dan aplikatif. Oleh karena itu, kesiapan guru IPA dalam konteks ini harus dilihat secara holistik, mencakup berbagai dimensi; kesiapan kognitif, afektif, dan praktis. Berikut adalah gambar grafik yang merepresentasikan kesiapan guru IPA dalam mengimplementasikan pembelajaran berbasis STEM di Madrasah Ibtidaiyah:



Gambar 1. Representasi kesiapan guru IPA

Berdasarkan gambar 1 di atas, dapat dikatakan bahwa tingkat kesiapan guru IPA dalam menerapkan pembelajaran berbasis STEM menunjukkan potensi yang menjanjikan, khususnya pada dimensi afektif (80%) dan kognitif (70%). Dimensi afektif mengindikasikan adanya keterlibatan dan motivasi yang tinggi dari guru untuk mengadopsi pendekatan STEM dalam mengajar, sementara dimensi kognitif menampilkan pemahaman yang baik tentang konsep-konsep STEM serta penerapannya dalam pembelajaran. Hal ini menjadi indikasi awal bahwa guru IPA memiliki kesiapan yang cukup untuk mengintegrasikan pembelajaran berbasis STEM ke dalam praktik mereka, meskipun perlu diperhatikan beberapa aspek lainnya yaitu praktis (60%) dan dukungan eksternal (50%). Berikut penjelasan untuk setiap aspek kesiapannya.

Kesiapan kognitif merujuk pada pemahaman mendalam mengenai konsep, teori, dan praktik yang relevan dengan tugas yang akan dilaksanakan (Setiawan, 2017). Dalam konteks pembelajaran berbasis STEM, guru IPA perlu menguasai tidak hanya materi bidang sains tetapi juga konsep teknologi, rekayasa, dan matematika (STEM). Tingkat kesiapan kognitif guru IPA mencapai angka yang menjanjikan, yaitu 70%, namun integrasi elemen STEM dalam pembelajaran masih memerlukan penguatan. Kesiapan ini melibatkan pengetahuan tentang pendekatan dan model pembelajaran berbasis STEM, serta kemampuan menghubungkan topik sains dengan teknologi, rekayasa, dan matematika dalam kegiatan yang relevan sesuai

kurikulum. Berdasarkan hasil wawancara, R1 dan R2 disampaikan bahwa mereka memahami STEM bertujuan mengintegrasikan sains, teknologi, rekayasa, dan matematika dalam pembelajaran. Namun, saya masih bingung bagaimana semua elemen itu dihubungkan dalam satu pembelajaran yang menarik dan sesuai kebutuhan siswa SD. Pemahaman saya cukup untuk sains dan matematika, tetapi mengaitkannya dengan rekayasa dan teknologi membutuhkan pelatihan (Wawancara dengan R1: 15/12/24).

Pendapat tersebut menunjukkan pemahaman guru masih terbatas pada konsep dasar STEM. Menurut Davidi dkk, (2021) kesiapan kognitif yang baik mencakup pemahaman mendalam dan kemampuan implementasi STEM, termasuk penyusunan pembelajaran berbasis proyek yang relevan untuk siswa SD. Nurmala dkk, (2021) juga menegaskan perlunya pelatihan intensif bagi guru IPA dalam mengintegrasikan disiplin STEM, terutama di lingkungan Madrasah Ibtidaiyah. Pemahaman mendalam dan pelatihan yang berkesinambungan sangat penting untuk meminimalkan kesenjangan antara teori dan praktik STEM dalam pembelajaran.

Kesiapan afektif mencakup sikap, motivasi, dan nilai yang dimiliki oleh individu terhadap tugas yang akan dihadapi, serta pengaruhnya pada pelaksanaan tugas tersebut (Karo, 2024). Dalam konteks pembelajaran berbasis STEM, kesiapan afektif guru IPA tercermin melalui motivasi dan antusiasme mereka untuk mengajarkan sains dengan pendekatan lintas disiplin. Berdasarkan hasil analisis, kesiapan afektif guru IPA berada pada tingkat yang menjanjikan, yaitu mencapai 80%. Guru IPA yang memiliki kesiapan afektif menunjukkan sikap positif terhadap proses eksperimen dan integrasi lintas disiplin, disertai keyakinan bahwa pembelajaran berbasis STEM dapat meningkatkan keterampilan kritis, kreativitas, dan kolaborasi siswa (Satar dkk., 2024). Selain itu, mereka juga berkomitmen untuk menghadapi berbagai tantangan, seperti manajemen kelas, dinamika kelompok, hingga penyampaian materi eksperimental yang lebih kompleks. Meskipun demikian, rasa kurang percaya diri akibat minimnya pengalaman masih menjadi kendala. Sebagaimana diungkapkan oleh R3 dan R1 yang ingin mencoba pendekatan STEM karena terlihat lebih relevan dengan kebutuhan siswa saat ini. Tapi saya khawatir gagal, karena belum pernah mendapatkan pelatihan tentang cara mengimplementasikannya. Saya termotivasi karena STEM tampaknya cocok untuk mengasah

keterampilan siswa. Saya harap bisa belajar lebih banyak cara melaksanakannya (Wawancara dengan R3 dan R1: 15/12/24).

Pernyataan ini mencerminkan motivasi yang tinggi namun diiringi kekhawatiran akan keterbatasan kemampuan. Menurut Silvia dkk, (2024), sikap positif terhadap inovasi pembelajaran adalah modal penting bagi guru untuk mencoba metode baru. Namun, Melina, (2022) mengingatkan bahwa sikap positif harus didukung dengan pelatihan dan supervisi yang memadai, sehingga guru dapat merasa lebih percaya diri dan terampil. Ketika guru diberdayakan dengan pengetahuan dan keterampilan yang memadai, mereka akan lebih kompeten dalam merancang serta mengelola pembelajaran berbasis proyek yang melibatkan siswa secara aktif. Dengan demikian, kesiapan afektif yang optimal dapat menjadi landasan kuat bagi implementasi pembelajaran berbasis STEM yang efektif.

Kesiapan praktis berhubungan dengan keterampilan dan kemampuan individu untuk menerapkan pengetahuan secara efektif dalam konteks nyata (Chaidir dkk., 2024). Menurut Mustofiyah dkk, (2024) dalam konteks guru IPA, kesiapan praktis mencakup kemampuan untuk merancang dan melaksanakan pembelajaran berbasis STEM yang melibatkan proyek nyata, mengintegrasikan elemen sains, teknologi, rekayasa, dan matematika. Guru perlu mahir melaksanakan eksperimen ilmiah, mengembangkan produk, memecahkan masalah, serta membimbing siswa dalam mengaplikasikan konsep pembelajaran pada proyek-proyek praktis. Selain itu, keterampilan menggunakan alat dan teknologi yang relevan, seperti perangkat lunak atau perangkat eksperimental, menjadi bagian penting dalam mendukung pembelajaran berbasis STEM.

Hasil analisis menunjukkan kesiapan praktis guru IPA berada pada angka 60%, yang mengindikasikan bahwa meskipun sudah ada usaha untuk menerapkan pembelajaran berbasis STEM, masih terdapat ruang yang signifikan untuk perbaikan, terutama dalam pengintegrasian elemen teknologi dan rekayasa. Berdasarkan wawancara, beberapa guru sudah mencoba menerapkan pembelajaran berbasis STEM melalui aktivitas sederhana. Sebagai contoh, R4 melaporkan proyek "Menyelamatkan Tanaman dari Kekeringan," yang dijelaskan bahwa siswa diajak membuat sistem irigasi sederhana menggunakan botol plastik dan tali kapas. Meski terlihat sederhana, prosesnya membantu siswa memahami kebutuhan air untuk tanaman, mengukur jumlah air yang diberikan,

dan belajar merancang sistem yang bisa berjalan (Wawancara dengan R4, 15/12/2024). Sementara, R5 menggarisbawahi sebagian keberhasilan yang dicapai, namun juga mengungkapkan berbagai tantangan yang dihadapi dan disampaikan bahwa aktivitas seperti ini menarik perhatian siswa, tetapi saya merasa sulit memastikan semua aspek STEM (terutama rekayasa dan matematika) terhubung secara sempurna. Dukungan teknologi juga sangat minim (Wawancara dengan R5, 15/12/2024).

Analisis ini menunjukkan bahwa implementasi praktis proyek-proyek berbasis STEM di tingkat dasar sudah mulai berjalan, namun masih terbatas pada pendekatan sederhana. Proyek seperti "Menyelamatkan Tanaman dari Kekeringan" sejalan dengan prinsip pembelajaran berbasis proyek sebagaimana dijelaskan oleh Widayanthi dkk, (2024) yang menekankan pentingnya kegiatan langsung untuk membangun pemahaman siswa.

Namun, keterbatasan dalam menghubungkan elemen STEM secara komprehensif, terutama rekayasa dan teknologi, menjadi tantangan utama. Farwati, (2021) menegaskan bahwa pelatihan sistematis bagi guru sangat diperlukan untuk meningkatkan kemampuan mereka dalam merancang dan melaksanakan pembelajaran STEM yang integratif. Saksono dkk, (2023) juga mencatat bahwa pembelajaran berbasis proyek harus didukung oleh strategi yang lebih terstruktur agar siswa mendapatkan pengalaman yang mendalam dan relevan. Dukungan berupa pelatihan intensif, perangkat teknologi, dan pedoman praktik terbaik dapat membantu meningkatkan kesiapan praktis guru hingga mencapai tingkat yang lebih optimal. Ini akan memungkinkan guru untuk tidak hanya melaksanakan proyek STEM yang menarik tetapi juga memastikan bahwa semua elemen STEM terhubung dengan baik dalam pembelajaran.

Dukungan eksternal merujuk pada berbagai faktor luar yang berkontribusi dalam membantu guru mengimplementasikan pembelajaran berbasis STEM secara efektif. Menurut Gusniati dkk, (2024) faktor ini mencakup bantuan dari berbagai pihak, seperti rekan sejawat, kepala sekolah, lembaga pendidikan, serta komunitas dan industri. Hidayati dkk, (2024) menambahkan bahwa dukungan tersebut dapat berupa pelatihan khusus, workshop, seminar, atau program pengembangan profesional yang berfokus pada pembelajaran berbasis STEM. Selain itu, dukungan eksternal juga mencakup penyediaan fasilitas pendukung, alat

pembelajaran yang memadai, dan kemitraan dengan pihak industri atau lembaga penelitian untuk memberikan wawasan dan sumber daya tambahan (Gusniati dkk., 2024). Berdasarkan hasil analisis, dukungan eksternal bagi guru IPA dalam implementasi pembelajaran berbasis STEM masih berada pada tingkat 50%. Ini menunjukkan adanya upaya, tetapi dengan tantangan yang cukup signifikan, terutama terkait keterbatasan fasilitas dan sumber daya. Seperti yang diungkapkan oleh guru IPA yaitu R1 bahwa sekolah tidak memiliki laboratorium khusus IPA, dan alat-alat pembelajaran yang ada sangat terbatas. Hal ini membatasi kreativitas saya dalam merancang proyek STEM (Wawancara dengan R1, 15/12/2024). Guru R2 menambahkan bahwa fasilitas teknologi seperti komputer atau perangkat digital untuk pembelajaran STEM jarang tersedia, terutama di sekolah kami yang berada di daerah rural (Wawancara dengan R2, 15/12/2024).

Analisis ini sejalan dengan temuan Arvianti dkk, (2024), yang menyatakan bahwa keterbatasan fasilitas dan sumber daya sering menjadi hambatan utama dalam pelaksanaan STEM di Madrasah Ibtidaiyah, terutama di daerah rural. Dukungan eksternal yang tidak memadai membatasi kreativitas guru dalam merancang proyek STEM dan membuat implementasi pembelajaran ini sulit dijalankan secara optimal. Lokollo dkk, (2024) menyarankan agar pemerintah dan sekolah lebih fokus pada penyediaan perangkat pendukung seperti laboratorium mini atau perangkat digital sederhana untuk mendukung pembelajaran STEM.

Selain itu, pelatihan yang komprehensif dan intensif juga diperlukan untuk memastikan guru dapat memanfaatkan fasilitas yang tersedia dengan efektif. Kolaborasi dengan komunitas atau industri dapat menjadi alternatif strategis untuk menyediakan wawasan dan sumber daya tambahan (Prihanto dkk., 2024). Misalnya, kerja sama dengan lembaga penelitian dapat memberikan panduan dalam merancang proyek STEM yang relevan, sementara dukungan industri dapat mencakup penyediaan alat sederhana dan material pendidikan. Dengan mengoptimalkan dukungan eksternal, guru IPA dapat mengatasi keterbatasan fasilitas dan meningkatkan kreativitas serta efektivitas mereka dalam menyampaikan pembelajaran berbasis STEM kepada siswa. Hal ini sangat penting agar guru tidak hanya mampu melaksanakan pembelajaran STEM, tetapi juga menginspirasi siswa melalui proyek-proyek yang inovatif dan relevan.

Walaupun hambatan dalam mengimplementasikan pembelajaran STEM telah diidentifikasi. Namun, perlu dilakukan kajian mendalam terhadap kendala-kendala yang bersifat umum dan cenderung dihadapi oleh sebagian besar guru. Secara umum, hambatan utama dalam implementasi STEM sebagai berikut: 1) Kurangnya Pemahaman Konseptual Mengenai STEM. Banyak guru masih belum memahami secara utuh konsep pembelajaran STEM, terutama cara mengintegrasikan keempat disiplin ilmu tersebut ke dalam proses pembelajaran. Sering sekali, pembelajaran masih dilakukan secara terpisah dalam setiap disiplin, seperti hanya menekankan matematika tanpa melibatkan aplikasi teknologi atau rekayasa (Petryk dkk., 2024). Akibatnya, siswa tidak memperoleh pengalaman pembelajaran holistik yang merupakan inti dari pembelajaran STEM; 2) Terbatasnya Ketersediaan Sumber Daya dan Infrastruktur. Beberapa sekolah, terutama di wilayah terpencil, tidak memiliki sumber daya yang memadai seperti laboratorium sains, perangkat teknologi, alat rekayasa, atau bahan ajar interaktif yang mendukung penerapan STEM (Lokollo dkk., 2024). Ketidaksesuaian infrastruktur ini menyulitkan guru dalam melaksanakan proyek berbasis STEM secara optimal; 3) Kesiapan Guru dan Pelatihan Profesional. Pembelajaran STEM membutuhkan kompetensi yang lebih tinggi dari guru, tidak hanya dalam aspek pedagogi tetapi juga dalam penguasaan konten dan keterampilan teknologi (Putra, 2024). Namun, tidak semua guru telah mengikuti pelatihan khusus mengenai penerapan STEM dalam pembelajaran. Pelatihan yang ada sering kali singkat dan tidak memberikan pendampingan berkelanjutan, sehingga kemampuan guru untuk menerapkan STEM tidak berkembang dengan baik; 4) Keterbatasan Waktu dalam Merencanakan dan Melaksanakan Pembelajaran. Desain pembelajaran STEM yang melibatkan integrasi antar disiplin dan kegiatan berbasis proyek membutuhkan waktu yang cukup dalam perencanaannya (Riyanto dkk., 2021). Selain itu, jadwal pembelajaran di sekolah sering sekali padat dan tidak fleksibel, menyulitkan guru untuk mengalokasikan waktu yang diperlukan untuk kegiatan eksplorasi mendalam yang menjadi bagian penting dari pembelajaran STEM; 5) Resistensi Terhadap Perubahan Pendekatan Mengajar. Beberapa guru cenderung bertahan pada pendekatan tradisional yang lebih terstruktur karena mereka merasa lebih nyaman dan berpengalaman dalam pendekatan tersebut (D. C. Sari dkk., 2019). Resistensi ini dapat diperparah oleh kurangnya pengetahuan

mengenai efektivitas pembelajaran STEM dalam mengembangkan keterampilan abad 21 siswa; 6) Kurangnya Dukungan dari Sistem Pendidikan. Faktor struktural juga memainkan peran besar, seperti kurikulum yang terlalu padat, kebijakan pendidikan yang kurang mendukung integrasi STEM, dan minimnya panduan implementasi dari otoritas pendidikan (Paramansyah & SE, 2020). Tanpa dukungan sistem yang memadai, guru sering merasa terisolasi dan tidak memiliki dorongan untuk menerapkan STEM secara optimal.

Untuk mengoptimalkan implementasi pembelajaran STEM, perlu dirumuskan solusi yang berfokus pada pengkajian mendalam terhadap kendala-kendala umum yang sering dihadapi oleh sebagian besar guru. Secara umum, solusinya meliputi: 1) Peningkatan Kompetensi Guru melalui Pelatihan dan Workshop. Pemerintah dan institusi pendidikan perlu menyelenggarakan pelatihan intensif dan berkelanjutan bagi guru. Pelatihan ini harus mencakup pemahaman konseptual STEM, praktik integrasi antar disiplin, dan keterampilan teknologi untuk mendukung implementasi pembelajaran (Petryk dkk., 2024); 2) Penyediaan Fasilitas dan Sumber Daya Pendukung. Pemerintah dan sekolah dapat bekerja sama untuk menyediakan alat peraga sederhana, bahan proyek murah, atau perangkat digital yang dapat diakses guru. Di lingkungan dengan sumber daya terbatas, guru dapat dilatih untuk memanfaatkan material lokal yang kreatif (Raharjo dkk., 2024; Wilujeng dkk., 2024); 3) Penerapan secara Bertahap dan Fleksibel. Guru dapat memulai penerapan STEM dengan proyek-proyek kecil dan sederhana. Pendekatan bertahap ini memungkinkan guru dan siswa untuk beradaptasi dengan pola pikir dan teknik pembelajaran baru tanpa merasa terbebani (Rama dkk., 2024); 4) Kolaborasi Antar Guru dan Pemangku Kepentingan. Guru perlu didorong untuk bekerja sama dalam komunitas pembelajaran profesional (PLC), berbagi pengalaman, dan saling mendukung dalam mendesain pembelajaran STEM. Selain itu, kolaborasi dengan pihak eksternal seperti industri atau perguruan tinggi juga dapat meningkatkan kualitas pembelajaran STEM (Islami dkk., 2024); 5) Dukungan Kebijakan yang Jelas. Pemerintah dan pengelola pendidikan harus memperhatikan hambatan ini dengan merancang kebijakan yang mendukung, seperti memberikan alokasi waktu yang lebih fleksibel dalam kurikulum, panduan yang komprehensif tentang implementasi STEM, serta insentif bagi

guru yang berhasil menerapkannya dengan baik (Rahmat Fadhli, 2024).

Dengan solusi ini, hambatan guru dalam menerapkan STEM dapat teratasi, sehingga pembelajaran lebih optimal dalam mengembangkan kompetensi siswa yang relevan di era 21. Guru dapat mengintegrasikan sains, teknologi, teknik, dan matematika ke dalam pembelajaran bermakna, sementara pendekatan kolaboratif berbasis masalah meningkatkan berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, serta literasi digital siswa.

4. Simpulan dan Saran

Penelitian ini menunjukkan bahwa guru IPA di tingkat Madrasah Ibtidaiyah memiliki potensi yang menjanjikan dalam mengimplementasikan pembelajaran berbasis STEM meskipun terdapat tantangan. Kesiapan afektif dan kognitif guru IPA menunjukkan angka tinggi, tetapi aspek praktis dan dukungan eksternal masih perlu ditingkatkan. Hambatan utama meliputi kurangnya pelatihan, keterbatasan fasilitas, dan kompleksitas penerapan STEM di Madrasah Ibtidaiyah. Strategi yang direkomendasikan termasuk peningkatan pelatihan, penyediaan fasilitas, dukungan kolaboratif dari pemangku kepentingan, dan pendekatan bertahap dalam penerapan STEM. Hasil ini menegaskan perlunya sinergi antara guru, pihak sekolah, dan pemerintah untuk memastikan keberhasilan implementasi pembelajaran berbasis STEM secara merata dan berkelanjutan.

Penelitian ini memiliki kelebihan, seperti analisis komprehensif mencakup aspek kognitif, afektif, praktis, dan dukungan eksternal, serta penggunaan pendekatan fenomenologis yang mendalam dengan metode triangulasi untuk validitas temuan. Tema yang relevan dengan pendidikan abad ke-21 dan Kurikulum Merdeka didukung rekomendasi strategis, seperti pelatihan berkelanjutan dan pendekatan bertahap.

Namun, penelitian ini terbatas pada lokasi dan jumlah subjek yang kecil, sehingga sulit digeneralisasi. Pembahasan dukungan eksternal, terutama peran pemerintah, industri, dan komunitas, kurang mendalam. Kendala teknologi tidak diikuti solusi konkret, dan perspektif siswa serta orang tua tidak dikaji.

Penelitian lanjutan disarankan memperluas subjek dan lokasi, melibatkan perspektif siswa dan orang tua, serta melakukan studi aksi untuk mengevaluasi dampak STEM. Kolaborasi dengan industri, pengembangan modul sederhana, dan eksplorasi teknologi murah juga penting untuk efektivitas pembelajaran STEM.

Daftar Pustaka

- Abas, S., Alirahman, A. D., & Maburur, H. (2024). Humanizing STEM-Based Learning (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) for the Transformation of Islamic Education in the 21st Century. *Educator: Jurnal Pendidikan Islam*, 8(1), 98–120.
- Adisel, A., & Pranansa, A. G. (2020). Penggunaan teknologi informasi dan komunikasi dalam sistem manajemen pembelajaran pada masa pandemi Covid 19. *Journal Of Administration and Educational Management (ALIGNMENT)*, 3(1), 1–10.
- Ainun, N. A., Sa'diyah, H., & Khoiriyah, A. N. (2024). Memahami Supervisi Pendidikan. *Ahsan: Jurnal Ilmiah Keislaman dan Kemasyarakatan*, 1(1), 72–80.
- Alie, W. (2024). Tantangan Dan Upaya Pendidikan Dalam Menghadapi Era Society 5.0. *Jurnal Islam Transformatif: Kajian Islam dan Perubahan Sosial*, 1(1), 185–195.
- Anggrella, D. P., Rahmasiwi, A., Suyatman, A. K. S., & Sudrajat, A. K. (2024). Sosialisasi dan pelatihan pendekatan interdisipliner pada pembelajaran IPAS di pendidikan dasar. *KACANEGARA Jurnal Pengabdian pada Masyarakat*, 7(3), 327–336.
- Ardiansyah, M. A. M. (2021). Inovasi Pemanfaatan Teknologi Informasi Dan Komunikasi Sebagai Media Pembelajaran Efektif. *Semnas Ristek (Seminar Nasional Riset dan Inovasi Teknologi)*, 5(1).
- Arifin, B., & Mu'id, A. (2024). Pengembangan kurikulum berbasis keterampilan dalam menghadapi tuntutan kompetensi abad 21. *DAARUS TSAQOFAH Jurnal Pendidikan Pascasarjana Universitas Qomaruddin*, 1(2), 118–128.
- Arvianti, L. A., Afifi, E. H. N., & Keliata, K. (2024). Inisiatif Guru Madrasah Ibtidaiyah Menyediakan Media dan Bahan Pratikum Sains di Tengah Keterbatasan Fasilitas Laboratorium. *SEARCH: Science Education Research Journal*, 2(2), 102–114.
- Atiaturrahmaniah, A., Bagus, I., Aryana, P., & Suastra, I. W. (2022). Peran model science, technology, engineering, arts, and math (STEAM) dalam meningkatkan berpikir kritis dan literasi sains siswa Madrasah Ibtidaiyah. *JPGI (Jurnal Penelitian Guru Indonesia)*, 7(2), 368–375.
- Ayun, Q., & Wathon, A. (2021). Penerapan Media Pohon Kata Untuk Meningkatkan Kemampuan Mengenal Huruf Pada Anak Usia Dini. *Sistim Informasi Manajemen*, 4(2), 95–108.

- Azzahrah, N., Maulida, K. A. W., & Pasaribu, I. Q. (2024). Manajemen Diklat Guru dalam Era Digital. *Journal Innovation In Education*, 2(3), 42–49.
- Bancong, H. (2024). *STEAM Education: Konsep, Integrasi dan Masa Depan*. Indonesia Emas Group.
- Chaidir, M., Andini, S., Harahap, U. H. S., & Nasution, A. F. (2024). Peran dan Proses Berfikir Sistem dalam Konteks Pendidikan. *Student Research Journal*, 2(6), 84–92.
- Creswell, J. W. (2018). Keterampilan esensial untuk peneliti kualitatif. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Daga, A. T. (2021). Makna merdeka belajar dan penguatan peran guru di Madrasah Ibtidaiyah. *Jurnal Educatio Fkip Unma*, 7(3), 1075–1090.
- Davidi, E. I. N., Sennen, E., & Supardi, K. (2021). Integrasi pendekatan STEM (science, technology, enggeenering and mathematic) untuk peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa Madrasah Ibtidaiyah. *Scholaria: jurnal pendidikan dan kebudayaan*, 11(1), 11–22.
- Efendi, N., & Sholeh, M. I. (2023). Manajemen pendidikan dalam meningkatkan mutu pembelajaran. *Academicus: Journal of Teaching and Learning*, 2(2), 68–85.
- Emilidha, W. P., Wardono, W., & Waluya, B. (2024). Integrasi STEAM dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Madrasah Ibtidaiyah. *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 301–308.
- Fachrina, N. A., Pratiwi, I. A., & Rondli, W. S. (2024). Analisis Kesiapan Guru dalam Pelaksanaan Proyek Penguatan Profil Pelajar Pancasila (P5) di Kelas V SD 1 Kaliwungu. *Cokroaminoto Journal of Primary Education*, 7(2), 772–781.
- Fadillah, Z. I. (2024). Pentingnya Pendidikan STEM (Sains, Teknologi, Rekayasa, dan Matematika) di Abad-21. *JSE Journal Sains and Education*, 2(1), 1–8.
- Farwati, R. (2021). *STEM education dukung merdeka belajar (dilengkapi dengan contoh perangkat pembelajaran berbasis stem)*. CV. Dotplus publisher.
- Fathoni, I., & Gunawan, A. (2024). Kurikulum STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics): Mempersiapkan Siswa untuk Masa Depan yang Berorientasi Teknologi. *Jurnal Pendidikan Sains dan Teknologi Terapan* | E-ISSN: 3031-7983, 1(4), 376–382.
- Gunawan, I., & Bahari, Y. (2024). Problematika kurikulum merdeka dalam sudut pandang teori struktural fungsional (study literatur). *Journal Of Human And Education (JAHE)*, 4(4), 178–187.
- Gusniati, J., Jahera, J., Zulkifli, A., & Ananda, R. (2024). Standar Sarana dan Prasarana Pendidikan Dasar Dalam Meningkatkan Proses Pembelajaran Yang Efektif. *Elementary School: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran ke-SD-an*, 11(2), 572–582.
- Hanannika, L. K., & Sukartono, S. (2022). Penerapan Media Pembelajaran Berbasis TIK pada Pembelajaran Tematik di Madrasah Ibtidaiyah. *Jurnal Basicedu*, 6(4), 6379–6386.
- Hidayati, W., Raharjo, T. J., Sutarto, J., & Widiyanto, M. B. A. (2024). *SUPERWIK: Supervisi, Wawasan, Inovatif dan Kinerja Guru TK*. Sada Kurnia Pustaka.
- Ilmi, A. R. M., Junaidi, A., Yusnanto, T., Kase, E. B. S., Safar, M., & Sari, M. N. (2024). Belajar di Era Digital: Memahami Teknologi Pendidikan dan Sumber Belajar Online. *Community Development Journal: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(1), 782–789.
- Islami, J. M. M., Iimin, L., Afny, D. N., Supriyanto, A., & Habibi, M. A. M. (2024). SLR: Penerapan Pembelajaran Berbasis Komunitas Untuk Meningkatkan Kompetensi Peserta Didik di Era Disrupsi. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 9(4), 2832–2848.
- Karo, M. B. (2024). *Motivasi Belajar*. PT Kanisius.
- Khadijah, S., & Salim, R. M. A. (2024). Self-concept, self-esteem, dan self-efficacy mempengaruhi pengambilan risiko guru. *JPPi (Jurnal Penelitian Pendidikan Indonesia)*, 10(2), 50–61.
- Khilmiyah, A. (2016). *Metode Penelitian Kualitatif*. Samudra Biru.
- Kumalasari, A. E., Shofiyani, D., Leonida, F. D. E., Anggita, F. D., Putri, N. T., & Ahmad, N. (2024). Implementasi Pembelajaran Ipa Berbasis Stem Dan Project Based Learning (Pjbl) Dalam Kurikulum Merdeka Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Kelas V SDN Mrawan 01. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 9(2).
- Lokollo, L. J., Lasaiba, M., Arfa, A. M., & Lasaiba, D. (2024). Mengembangkan Kemampuan Berpikir Spasial Melalui Pendidikan STEM di Madrasah Ibtidaiyah: Developing Spatial Thinking Abilities Through Stem Education In Elementary Schools. *Scholaria: Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 14(3), 293–308.

- Melina, S. R. I. (2022). Pendekatan Stem Berbasis Projek Pada Materi Sel Volta Dari Bahan Alami Untuk Mengembangkan Ketrampilan 4C Dan Meningkatkan Hasil Belajar Kimia. *SENTRI: Jurnal Riset Ilmiah*, 1(3), 613–619.
- Mu'Minah, I. H., & Aripin, I. (2019). Implementasi STEM dalam pembelajaran abad 21. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan*, 1, 1495–1503.
- Muspawi, M., & Lestari, A. (2020). Membangun kesiapan kerja calon tenaga kerja. *Jurnal Literasiologi*, 4(1).
- Mustika, R. I., Rukanda, N., Purnami, R. S., Fadjarajani, S., As' ari, R., Rosita, L., Gandasari, A., Rohmalina, R., Zahro, I. F., & Fitrianna, A. Y. (2024). *Menjadi Pendidik Ideal Abad 21*. Bayfa Cendekia Indonesia.
- Mustofiyah, L., Rahmawati, F. P., & Ghuftron, A. (2024). Pengembangan Kurikulum Berbasis Stem Untuk Meningkatkan Kompetensi Siswa Di Era Digital: Tinjauan Systematic Literature Review. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 9(03), 1–22.
- Nida'ul Khairiyah, S. P. (2019). *Pendekatan science, technology, engineering dan mathematics (STEM)*. Spasi Media.
- Nurfajariyah, A. F., & Kusumawati, E. R. (2023). Implementasi Dan Tantangan Pembelajaran Tematik Terintegrasi Steam (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics). *Jurnal Lentera Pendidikan Pusat Penelitian Lppm Um Metro*, 8(1), 49–63.
- Nurmala, S., Triwoelandari, R., & Fahri, M. (2021). Pengembangan media articulate storyline 3 pada pembelajaran IPA berbasis STEM untuk mengembangkan kreativitas siswa SD/MI. *Jurnal Basicedu*, 5(6), 5024–5034.
- Pambayun, P. P., & Shofiyah, N. (2023). Sikap Siswa terhadap STEM: Hubungannya dengan Hasil Belajar Kognitif dalam Pembelajaran IPA. *Jurnal Paedagogy*, 10(2), 513–524.
- Paramansyah, H. A., & SE, M. M. (2020). *Manajemen pendidikan dalam menghadapi era digital*. Arman Paramansyah.
- Petryk, K., Nesterenko, M., Mytsyk, H., Kovachov, S., Kryvylova, O., & Suchikova, Y. (2024). A cross-specialization study of pre-service teachers' perception of STEM education. *International Journal of Science Education*, 1–27.
- Prihanto, A., Subaidah, S., Aripin, M., & Warman, W. (2024). Strategi Pengelolaan Sekolah Berbasis Industri dalam Meningkatkan Daya Saing dan Kualitas Pendidikan. *Pendas Mahakam: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Madrasah Ibtidaiyah*, 9(2), 136–142.
- Putra, E. P. (2024). Integrasi Stem Dan Hots Dalam Pembelajaran Sains: Perspektif Guru Dalam Upaya Peningkatan Self Efficacy Siswa. *ScienceEdu*, 7(02), 78–88.
- Raharjo, S. H., Abidin, A. A., Casmat, M., Ichwan, I., & Suhartono, S. (2024). Pelatihan Pembuatan Alat Peraga Edukatif Dari Sampah Dalam Menciptakan Pembelajaran Efektif Pada Siswa Madrasah Ibtidaiyah Di Desa Muara Teluknaga Tangerang. *BHAKTI: JURNAL PENGABDIAN DAN PEMBERDAYAAN MASYARAKAT*, 3(02), 114–122.
- Rahmat Fadhli, E. M. (2024). *Kebijakan Pendidikan: Konsep, Model dan Isu Strategis di Indonesia*. Indonesia Emas Group.
- Rama, A. N., Suryanti, S. P., Nasruddin, S. P., Herman, S. P., Nuriah, Y., Ratna Said, S. S., Martriwati, M. P., Miftahudin, M. P., Meirisa, S., & Maq, M. M. (2024). *Metodologi Pengajaran*. Cendikia Mulia Mandiri.
- Ramadhan, E. H., & Hindun, H. (2023). Penerapan Model Pembelajaran Berbasis Proyek untuk Membantu Siswa Berpikir Kreatif. *Protasis: Jurnal Bahasa, Sastra, Budaya, dan Pengajarannya*, 2(2), 43–54.
- Ramadhan, W. (2023). Pembelajaran Berbasis Pendekatan Steam Melalui Project-Based Learning (Pjbl) Untuk Meningkatkan Literasi Sains Siswa Madrasah Ibtidaiyah. *Jurnal Ibriez: Jurnal Kependidikan Dasar Islam Berbasis Sains*, 8(2), 171–186.
- Rilianty, A. P., Handayani, M., & Nugroho, W. (2023). Pendekatan Science, Technology, Engineering, Art, & Math (STEAM) untuk Meningkatkan Keterampilan Abad 21 Siswa Madrasah Ibtidaiyah. *Journal of Primary Education*, 1(2), 78–85.
- Riyanto, R., Fauzi, R., Syah, I. M., & Muslim, U. B. (2021). *Model STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) dalam Pendidikan*.
- Rosyada, D. (2020). *Penelitian Kualitatif Untuk Ilmu Pendidikan*. Prenadamaedia Group.
- Rukin, S. P. (2019). *Metodologi penelitian kualitatif*. Yayasan Ahmar Cendekia Indonesia.
- Rukmansyah, E. T. (2020). Model pembelajaran berbasis RASTEM untuk meningkatkan critical thinking skills di era revolusi industri 4.0. *Jurnal Metaedukasi: Jurnal Ilmiah Pendidikan*, 2(2), 102–109.
- Rusdi, I. S. (2024). *Strategies Of Elementary School Teachers to Teach Practicum based*

- Science In The Midst Of Limited Laboratory Facilities.*
- Safari, Y., & Putri, H. W. F. (2024). Strategi Efektif untuk Mengatasi Kesulitan Matematika pada Anak SD: Tips untuk Guru dan Orang Tua. *Karimah Tauhid*, 3(9), 9838–9846.
- Safiati, O. A., Lestari, P., & Rahman, S. (2024). Kerangka Aktivitas Research Based Learning Dengan Pendekatan Steam:" Analisis Teknologi Irigasi Kapilaritas Dan Tetes Serta Penyiram Otomatis Berbasis Panel Surya Dengan Smart Sensor Untuk Meningkatkan Literasi Perubahan Iklim Siswa". *KRAKATAU (Indonesian of Multidisciplinary Journals)*, 2(1), 27–41.
- Safitri, R., & Prastowo, A. (2024). Implementation Of Science Learning Based On Animated Videos In Elementary School. *Pionir: Jurnal Pendidikan*, 13(1). <https://doi.org/10.22373/pjp.v13i1.21467>
- Saksono, H., Khoiri, A., Dewi Surani, S. S., Rando, A. R., Setiawati, N. A., Umalihayati, S., KM, S., Ali, I. H., MP, M. E., & Adipradipta, A. (2023). *Teori Belajar dalam Pembelajaran*. Cendikia Mulia Mandiri.
- Saputra, A. A., & Stiawan, A. (2024). Kajian Review Kurikulum K13 dan Kurikulum Merdeka dalam Implikasinya Terhadap Pembelajaran di Masa Mendatang. *SOSEARCH: Social Science Educational Research*, 5(1), 1–17.
- Sari, D. C., Purba, D. W., & Hasibuan, M. S. (2019). Inovasi pendidikan lewat transformasi digital. *Yayasan Kita Menulis*, 2(1), 17–25.
- Sari, F., & Riansi, E. S. (2024). Peran Stakeholder Dalam Mengatasi Ketimpangan Pendidikan Di Daerah Terpencil: Tantangan Dan Solusi. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 9(04), 275–300.
- Sari, U. P., Sulastri, W., & Oktapiani, C. D. (2024). Meningkatkan Aksesibilitas Pembelajaran Di Tengah Kendala Sumber Daya: Mengatasi Keterbatasan Buku Paket, Kurangnya Fasilitas Sekolah, Dan Akses Internet Yang Terbatas. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin Terpadu*, 8(7).
- Sassi, K. (2024). Perbandingan Kebijakan Pendidikan Dasar Di Amerika Serikat Dan Indonesia. *Jurnal Lingkar Pembelajaran Inovatif*, 5(10).
- Satar, S., Judijanto, L., Ramdlani, M. L., Husin, F., Zulkifli, Z., Yunus, M., Lolotandung, R., Ardiansyah, W., Trivena, T., & Suroso, S. (2024). *Pembelajaran Terpadu: Hakikat dan Strategi Pembelajaran Terpadu di SD*. PT. Green Pustaka Indonesia.
- Setiawan, M. A. (2017). *Belajar dan pembelajaran*. Uwais Inspirasi Indonesia.
- Silvia, N., Syaharani, N., Parmaidia, R. A., Susilawati, T., & Maryanah, V. (2024). Transformasi Kurikulum Merdeka: Perubahan Dan Inovasi Dalam Pendidikan Indonesia. *Sindoro: Cendikia Pendidikan*, 2(10), 11–20.
- Siregar, N. C., Warsito, W., Gumilar, A., Amarullah, A., & Rosli, R. (2023). Promoting Gender Equality in STEM: Strategies for Encouraging Girls' Participation: Promoting Gender Equality in STEM: Strategies for Encouraging Girls' Participation. *Seminar Nasional Pendidikan, Sains dan Teknologi Universitas PGRI Sumatera Barat*, 1(1), 34–60.
- Suciono, W. (2021). *Berpikir kritis (tinjauan melalui kemandirian belajar, kemampuan akademik dan efikasi diri)*. Penerbit Adab.
- Surachman, A., Putri, D. E., & Nugroho, A. (2024). Transformasi Pendidikan di Era Digital Tantangan dan Peluang. *Journal of International Multidisciplinary Research*, 2(2), 52–63.
- Suryadi, A., & Kurniati, E. (2021). *Teori dan Implementasi Pendidikan STEM*. Bayfa Cendekia Indonesia.
- Suryaningsih, S., & Nisa, F. A. (2021). Kontribusi STEAM project based learning dalam mengukur keterampilan proses sains dan berpikir kreatif siswa. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 2(06), 1097–1111.
- Syahrizal, H., & Jailani, M. S. (2023). Jenis-jenis penelitian dalam penelitian kuantitatif dan kualitatif. *QOSIM: Jurnal Pendidikan, Sosial & Humaniora*, 1(1), 13–23.
- Tarumingkeng, R. C. (2024). *Arah dan Tantangan*.
- Viqri, D., Gesta, L., Rozi, M. F., Syafitri, A., Falah, A. M., Khoirunnisa, K., & Risdalina, R. (2024). Problematika Pembelajaran IPAS dalam Kurikulum Merdeka. *Jurnal Inovasi, Evaluasi Dan Pengembangan Pembelajaran (JIEPP)*, 4(2), 310–315.
- Wally, R., Mahananingtyas, E., & Ritiauw, L. (2024). Analisis Kesiapan Guru Dalam Implementasi Kurikulum Merdeka di SD Negeri 286 Maluku Tengah. *Jurnal Ilmu Pendidikan Madrasah Ibtidaiyah*, 11(3), 241–247.
- Wardhani, H. S., & Wiarsih, C. (2024). Kesiapan Belajar Siswa Kelas 1 Ditinjau Dari Pengalaman Pendidikan Prasekolah Dan

- Peran Orang Tua. *Consilium: Education and Counseling Journal*, 4(2), 172–184.
- Wicaksono, A. G. (2020). Penyelenggaraan pembelajaran IPA berbasis pendekatan STEM dalam menyongsong era revolusi industri 4.0. *LENSA (Lentera Sains): Jurnal Pendidikan IPA*, 10(1), 54–62.
- Widyanthi, D. G. C., Subhaktiyasa, P. G., Hariyono, H., Wulandari, C. I. A. S., & Andrini, V. S. (2024). *Teori Belajar dan Pembelajaran*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Wilujeng, I., Purwasih, D., Widowati, A., & Widowati, S. (2024). Implementasi Potensi Lokal dalam Pembelajaran IPA: Studi Pengembangan LKPD Berbasis Lingkungan. *Carmin: Journal of Community Service*, 4(2), 74–80.
- Yanti, D., Prastawa, S., Utomo, W. F., Wiliyanti, V., & Utomo, B. (2024). Pendidikan di Revolusi Industri 4.0: Studi Kasus Evaluasi Kurikulum Merdeka di Indonesia: Education in the Industrial Revolution 4.0: A Case Study of Independent Curriculum Evaluation in Indonesia. *Edu Cendikia: Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 4(02), 380–390.
- Yolanda, A., Sihotang, M., Zebua, J. A., Hutasoit, M., & Sinaga, Y. L. (2024). Strategi Pembelajaran Kontekstual untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa Madrasah Ibtidaiyah. *Pragmatik: Jurnal Rumpun Ilmu Bahasa Dan Pendidikan*, 2(3), 301–308.
- Yusuf, M. (2023). *Inovasi Pendidikan Abad-21: Perspektif, Tantangan, dan Praktik Terkini*. Selat Media.
- Yusuf, Y. (2024). Pendidikan yang Memerdekakan: Persepektif Freire dan Ki Hajar Dewantara. *Peradaban Journal of Interdisciplinary Educational Research*, 2(2), 55–72.
- Zurriati, L. (2024). Strategi Pengembangan Kompetensi Guru dalam Penggunaan Teknologi Informasi untuk Pembelajaran. *Jurnal Penelitian Inovasi Indonesia*, 1(1), 15–20.