

PENINGKATAN KOMPETENSI GURU SD MELALUI WORKSHOP PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN BERBASIS AUGMENTED REALITY DI SDN BATU BULAN

Romi Aprianto^{1*}, Indah Dwi Lestari², Rini Qurratul Aini³, Ana Merdekawaty⁴, Wiwi Noviati⁵

¹²³⁴⁵ Universitas Samawa, Sumbawa Besar, Indonesia

Penulis Korespondensi: romiaprianto.sumbawa@gmail.com

Article Info	Abstrak
Article History <i>Received: 03 September 2025</i> <i>Revised: 30 Oktober 2025</i> <i>Published: 31 Desember 2025</i>	Kegiatan pengabdian ini bertujuan meningkatkan kompetensi awal guru sekolah dasar dalam memanfaatkan Augmented Reality (AR) untuk pembelajaran. Program dilaksanakan melalui lokakarya satu hari di SDN Batu Bulan (29 Juli 2025) dengan peserta 15 guru. Desain yang digunakan ialah one-group pretest–posttest. Instrumen meliputi tes pengetahuan 20 butir, checklist keterampilan praktik 12 indikator, dan rubrik integrasi AR pada perangkat ajar (4 kriteria). Analisis data mencakup uji normalitas Shapiro–Wilk dan uji paired t ($\alpha = 0,05$) disertai ukuran efek dan CI 95%. Hasil menunjukkan peningkatan pengetahuan yang signifikan: rerata naik 19,07 poin ($57,87 \rightarrow 76,93$; $t(14) = 18,42$; $p < 0,001$; $d = 4,76$; CI 95% Δ mean [16,85; 21,29]). Keterampilan praktik berada pada level kuat dengan ketercapaian rata-rata 85,0%; indikator operasional (instalasi, manajemen objek, publikasi) tinggi, sedangkan indikator diagnostik (penempatan marker/permukaan, troubleshooting, simpan–preview) relatif lebih menantang. Integrasi AR pada perangkat ajar berada pada kategori cukup (skor total $2,93 \pm 0,50$): skenario kegiatan dan kelayakan teknis & manajemen kelas baik, sementara kesesuaian tujuan dan materi serta asesmen & bukti belajar perlu penguatan. Disimpulkan bahwa lokakarya singkat efektif sebagai pemantik peningkatan pengetahuan dan keterampilan dasar, dengan rekomendasi pendampingan pascapelatihan yang menajamkan tujuan terukur, asesmen autentik, serta latihan diagnostik teknis agar kualitas integrasi bergerak menuju kategori baik dan siap diimplementasikan di kelas.
Keywords <i>Augmented Reality;</i> <i>Pengembangan Media;</i> <i>Kompetensi Guru;</i> <i>Sekolah Dasar;</i> <i>Assemblr EDU.</i>	

PENDAHULUAN

Transformasi digital pada pendidikan dasar dipandang sebagai prasyarat terpenuhinya tuntutan Kurikulum Merdeka yang berfokus pada pembelajaran berbasis pengalaman, personalisasi, dan penguatan kompetensi digital; teknologi digital terbukti meningkatkan performa belajar, efektivitas mengajar, serta menjaga kesinambungan pendidikan pada masa krisis (Wang *et al.*, 2024). Sejalan dengan konsep Education 4.0, paradigma pendidikan harus bergeser menuju sistem berorientasi pengalaman autentik dan personalisasi yang didukung teknologi cerdas, sambil memetakan tren serta kesenjangan riset untuk masa depan (Mukul & Büyüközkan, 2023). Keberhasilan integrasi tersebut sangat bergantung pada literasi digital guru, sehingga program pengembangan profesional berkelanjutan dan kepemimpinan sekolah yang holistik mutlak diperlukan (Wohlfart & Wagner, 2022; Stringer *et al.*, 2022). Di sisi lain, evaluasi kompetensi digital siswa masih menitikberatkan pada keterampilan literasi informasi, komunikasi, kolaborasi, dan pembuatan konten, sementara dimensi penggunaan aman dan pemecahan masalah belum terukur secara sistematis, menandakan kebutuhan pengembangan instrumen penilaian yang lebih komprehensif (Godaert *et al.*, 2022).

Augmented Reality (AR) diakui memiliki daya ungkit pedagogis yang besar karena mampu memadukan objek virtual ke dalam konteks nyata sehingga meningkatkan efektivitas, motivasi, dan pengalaman belajar siswa pada berbagai jenjang pendidikan; meta-analisis terkini menegaskan bahwa AR tidak hanya memperdalam pemahaman konsep, retensi pengetahuan, dan self-efficacy, tetapi juga menurunkan beban kognitif sekaligus menumbuhkan keterampilan berpikir kritis dan praktis (Lin & Yu, 2023). Dalam kerangka pembelajaran kolaboratif dan kreatif, AR mendorong aktivitas kinestetik, partisipasi verbal, konsentrasi, serta otonomi belajar, meskipun implementasinya masih terkendala beban informasi, kendala teknis, dan resistensi guru yang belum familiar dengan teknologi (Alzahrani, 2020). Sebagian besar aplikasi AR (umumnya berbasis Android dengan pendekatan marker-based atau markerless) diterapkan pada mata pelajaran sains, matematika, dan bahasa, sering disertai gamifikasi guna memperkuat motivasi, namun keterbatasan jumlah partisipan serta durasi uji coba yang singkat membuat generalisasi temuan masih terbatas (Koumpouros, 2024; Lampropoulos *et al.*, 2022). Potensi AR untuk mempersonalisasi pengalaman belajar juga menunjukkan efektivitas dalam mereduksi kecemasan, khususnya pada konsep abstrak seperti matematika, sehingga diperlukan pengembangan aplikasi yang ramah pengguna, pelatihan guru yang sistematis, dan instrumen evaluasi yang valid dan reliabel agar pemanfaatan AR dapat optimal (Pahmi *et al.*, 2023).

Guru sekolah dasar masih menghadapi keterbatasan multidimensional dalam merancang media pembelajaran berbasis Augmented Reality (AR): minimnya program pelatihan spesifik mengakibatkan rendahnya kepercayaan diri dan kompetensi teknis mereka (Fernández-Batanero *et al.*, 2020); hambatan perangkat keras, perangkat lunak, dan dukungan teknis di sekolah membatasi eksperimen dan adopsi aplikasi AR yang relevan dengan konteks pembelajaran (Koumpouros, 2024); kesulitan memadukan AR ke dalam strategi pedagogis bermakna membuat kegiatan belajar cenderung berorientasi teknologi semata alih-alih pada aktivitas kolaboratif dan kontekstual yang memupuk kreativitas siswa (Fan *et al.*, 2020; Zhang & Wang, 2021); serta keterbatasan instrumen evaluasi dan absennya program pengembangan profesional berkelanjutan menghambat penilaian mutu media AR dan pertumbuhan kompetensi guru secara sistematis (Maas & Hughes, 2020).

Berbagai studi menunjukkan bahwa penggunaan Augmented Reality (AR) secara signifikan meningkatkan efektivitas pembelajaran dibandingkan metode tradisional, dengan manfaat mencakup penguatan pemahaman konsep, retensi pengetahuan, motivasi, keterlibatan, kenyamanan belajar, hingga peningkatan self-efficacy siswa (Lin & Yu, 2023; Hidayat & Wardat, 2023). Dalam bidang sains dan matematika, AR banyak dimanfaatkan melalui pendekatan marker-less, marker-based, serta projection-based, dilengkapi animasi dan objek 3D untuk membantu visualisasi konsep abstrak, sedangkan pada pembelajaran bahasa, AR terbukti efektif dalam penguasaan kosakata, keterampilan membaca, menulis, dan berbicara, serta membangun sikap positif siswa (Cai *et al.*, 2022; Parmaxi & Demetriou, 2020). Untuk menunjang integrasi teknologi ini, pelatihan guru melalui workshop, lesson study, dan coaching telah terbukti mampu meningkatkan kompetensi teknis, pedagogik, dan rasa percaya diri guru,

terlebih jika dilakukan melalui model blended learning berbasis platform digital. Kerangka TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) banyak digunakan dalam menilai kesiapan guru, di mana aspek Technological Pedagogical Knowledge (TPK) dan TPACK menjadi tantangan utama yang memerlukan pelatihan terintegrasi secara simultan. AR terbukti mampu meningkatkan hasil belajar dan keterampilan berpikir kritis siswa di tingkat sekolah dasar, meskipun keterbatasan pengalaman guru sebagai kreator konten, minimnya pelatihan spesifik, kendala infrastruktur, dan tingginya biaya perangkat menjadi hambatan. Celah riset yang masih terbuka mencakup kurangnya studi longitudinal, keterbatasan evaluasi dampak AR dalam pembelajaran bahasa, serta belum berkembangnya model pelatihan guru yang berkelanjutan dan kontekstual (Fan *et al.*, 2020).

Berdasarkan hasil observasi di SDN Batu Bulan, ditemukan bahwa kompetensi guru dalam mengintegrasikan Augmented Reality (AR) ke dalam pembelajaran masih tergolong rendah. Sebagian besar guru belum memiliki pengalaman praktis maupun pelatihan khusus terkait penggunaan AR sebagai media pembelajaran. Meskipun terdapat ketertarikan terhadap teknologi inovatif, keterbatasan dalam hal pengetahuan teknis, infrastruktur, dan integrasi pedagogis menjadi kendala utama. Tabel 1 berikut ini disajikan rekapitulasi hasil observasi kompetensi guru SDN Batu Bulan terkait media berbasis AR:

Tabel 1. Hasil observasi kompetensi guru SDN Batu Bulan terkait media berbasis AR

Aspek Kompetensi	Temuan Observasi
Pengetahuan tentang AR	Mayoritas guru belum memahami konsep dasar AR dan potensinya dalam pembelajaran.
Pengalaman penggunaan AR	Tidak ada guru yang memiliki pengalaman langsung menggunakan AR di kelas.
Pelatihan terkait AR	Belum pernah mengikuti pelatihan khusus mengenai desain atau penggunaan AR.
Kesiapan teknis	Rendah; guru merasa kesulitan mengakses atau mengoperasikan perangkat pendukung.
Integrasi dalam pembelajaran	Guru belum mampu mengaitkan AR dengan strategi pembelajaran kontekstual.
Sikap terhadap AR	Positif; guru menunjukkan antusiasme untuk belajar dan mencoba teknologi AR.
Dukungan infrastruktur	Minim; perangkat dan jaringan internet belum memadai untuk implementasi AR.

Temuan ini mengindikasikan perlunya intervensi berupa pelatihan teknis-pedagogis, peningkatan infrastruktur, dan pengembangan model implementasi AR yang kontekstual sesuai kebutuhan sekolah dasar. Berdasarkan uraian tersebut, kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk meningkatkan kompetensi guru sekolah dasar dalam merancang, mengembangkan, dan mengimplementasikan media pembelajaran berbasis Augmented Reality (AR) yang inovatif sesuai dengan kebutuhan peserta didik dan perkembangan teknologi pendidikan. Urgensi kegiatan ini terletak pada peran strategis guru sebagai agen utama transformasi pembelajaran, di

mana penguasaan keterampilan pedagogis dan teknologis, khususnya pemanfaatan AR, menjadi prasyarat penting untuk menciptakan proses belajar yang efektif, interaktif, dan kontekstual. Dampak yang diharapkan dari kegiatan ini meliputi peningkatan kapasitas profesional guru dalam memanfaatkan teknologi AR secara kreatif dan tepat guna, penguatan kualitas interaksi pembelajaran melalui pengalaman belajar yang imersif, serta terciptanya kemandirian guru dalam mengembangkan inovasi pembelajaran berbasis teknologi yang berkelanjutan guna menunjang pencapaian tujuan pendidikan.

METODE

Desain Kegiatan

Kegiatan pengabdian menggunakan rancangan satu kelompok *pretest–posttest (one-group pretest–posttest design)* untuk mengetahui perubahan kompetensi guru setelah intervensi berupa lokakarya pembuatan media pembelajaran berbasis Augmented Reality (AR). Desain ini dipilih karena selaras dengan tujuan evaluatif program yang berfokus pada perbandingan skor sebelum dan sesudah pelatihan.

Waktu, Tempat, dan Peserta

Pelaksanaan program berlangsung 1 hari, pada 29 Juli 2025 di SDN Batu Bulan, Kecamatan Moyo Hulu, Sumbawa. Pesertanya 15 guru yang aktif mengajar di sekolah tersebut dan bersedia mengikuti seluruh rangkaian kegiatan dengan dukungan gawai Android/Windows. Kriteria inklusi mencakup status aktif sebagai pendidik di SDN Batu Bulan, komitmen mengikuti seluruh sesi, serta ketersediaan perangkat dan koneksi internet dasar. Seluruh peserta menandatangani lembar persetujuan berpartisipasi dan data dikumpulkan secara agregat.

Sumber Daya dan Materi

- Aplikasi utama: Assemblr EDU (Android/Windows)
- Perangkat & konektivitas: gawai/laptop peserta; jaringan internet lokal
- Aset & bahan ajar: paket starter (marker gambar untuk skenario image-tracking dan/atau opsi penempatan di permukaan/plane), ikon/objek 2D–3D ringan, template materi ajar singkat berisi langkah penggunaan AR, checklist instalasi & troubleshooting.
- Instrumen evaluasi: tes pretest–posttest setara (kognitif), checklist keterampilan praktik Assemblr EDU, rubrik ringkas penilaian integrasi AR pada materi ajar.

Prosedur Pelaksanaan

Kegiatan diawali dengan pretest pengetahuan dasar AR dan integrasinya dalam pembelajaran, dilanjutkan pengantar dan demonstrasi konsep AR (marker-based/markerless), ragam skenario penggunaannya di SD, dan alur kerja di Assemblr EDU. Peserta kemudian mengikuti praktik bertahap mulai dari instalasi aplikasi, pembuatan proyek, impor aset, penempatan objek dan pengaturan interaksi, hingga uji coba produk. Setelah itu dilakukan microteaching singkat untuk mensimulasikan penggunaan media AR dalam skenario kelas,

diikuti perencanaan integrasi ke perangkat ajar (RPP/Modul Ajar). Pada akhir sesi, peserta mengerjakan posttest pengetahuan dan produknya dinilai menggunakan checklist keterampilan serta rubrik integrasi. Sesi ditutup dengan umpan balik singkat mengenai kendala teknis dan kebutuhan pendampingan lanjutan.

Instrumen dan Indikator Pengetahuan AR (tes pilihan ganda 20 butir; skor 0–100)

Pengukuran pengetahuan mencakup tiga indikator (Tabel 2): (1) konsep dasar AR beserta kelebihan dan keterbatasannya; (2) alur kerja pembuatan media AR di Assemblr EDU; dan (3) prinsip integrasi AR dalam pembelajaran SD yang meliputi perumusan tujuan, perancangan kegiatan, dan asesmen. Kisi-kisi disusun pada level kognitif C1–C3, ditelaah oleh pakar media pembelajaran (validasi isi), dan dipersiapkan kunci serta pedoman penskorannya sejak awal.

Tabel 2. Indikator pengetahuan AR

Indikator	Level Kognitif	Jumlah Butir
Konsep dasar AR	C1–C2	7
Alur kerja di Assemblr EDU	C1–C3	7
Integrasi AR dalam pembelajaran	C2–C3	6

Keterampilan Praktik Assemblr EDU (checklist 12 indikator; skor 0–1 per indikator)

Keterampilan praktik dinilai melalui checklist berisi 12 indikator yang menggambarkan tahapan esensial pembuatan proyek AR dan kesiapannya untuk pembelajaran, meliputi: instalasi dan login aplikasi; pembuatan proyek baru; impor aset (gambar/3D); penempatan objek pada marker atau permukaan; pengaturan skala dan orientasi; penambahan interaksi dasar (misalnya tap); pengelolaan beberapa objek dalam satu scene; penyimpanan dan preview proyek; publikasi atau berbagi proyek; penanganan kendala umum (misalnya aset tidak tampil atau tracking hilang); kesesuaian pedagogik antara objek dengan tujuan pembelajaran; serta aspek keamanan dan etika penggunaan gawai di kelas. Skor ketercapaian dihitung sebagai persentase indikator terpenuhi dan dikategorikan menjadi sangat baik ($\geq 85\%$), baik (70–84%), cukup (55–69%), serta perlu pendampingan ($< 55\%$).

Integrasi AR pada Perangkat Ajar (rubrik 4 kriteria; skala 1–4)

Kualitas perencanaan integrasi dinilai pada draf RPP/Modul Ajar menggunakan rubrik empat kriteria (Tabel 3), yaitu kesesuaian tujuan dan materi, skenario kegiatan, asesmen dan bukti belajar, serta kelayakan teknis dan manajemen kelas. Setiap kriteria diberi skor 1–4, kemudian dihitung rerata skor total untuk menentukan kategori mutu (kurang, cukup, baik, sangat baik).

Tabel 3. Rubrik Integrasi AR pada Perangkat Ajar

Kriteria	1	2	3	4
Kesesuaian tujuan & materi	Tidak selaras	Kurang selaras	Selaras	Sangat selaras & terukur
Skenario kegiatan	Tidak operasional	Operasional terbatas	Operasional jelas	Operasional rinci & realistis
Asesmen & bukti belajar	Tidak ada	Ada tapi tidak	Sesuai	Autentik & multi-

		sesuai		evidensi
Kelayakan teknis & manajemen kelas	Tidak layak	Layak terbatas	Layak	Sangat layak & mitigasi risiko jelas

Teknik Pengumpulan Data

Data pengetahuan dikumpulkan melalui pretest dan posttest yang dikerjakan secara individual dalam waktu sekitar 20 menit per sesi. Observasi praktik dilakukan selama kegiatan oleh dua asesor yang menilai ketercapaian indikator pada checklist. Draf RPP/Modul Ajar yang disusun peserta ditelaah menggunakan rubrik integrasi untuk memperoleh skor per kriteria dan skor total.

Analisis Data

Analisis kuantitatif terhadap skor pengetahuan dilakukan dengan menguji normalitas selisih skor pre-post menggunakan Shapiro-Wilk. Apabila asumsi normalitas terpenuhi, digunakan uji paired t; jika tidak terpenuhi, digunakan uji Wilcoxon signed-rank. Pelaporan mencakup perubahan rerata (Δ mean), simpangan baku, interval kepercayaan 95%, p-value, dan ukuran efek (Cohen's d untuk t-test atau koefisien r untuk Wilcoxon) pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$. Data keterampilan praktik dari checklist disajikan secara deskriptif dalam bentuk persentase ketercapaian per indikator serta kategori keseluruhan. Skor rubrik integrasi dihitung sebagai rerata empat kriteria, ditampilkan per kriteria dan total, kemudian dipetakan ke kategori mutu. Bila penilaian melibatkan dua asesor, reliabilitas antarpemilai dihitung (misalnya Cohen's κ atau ICC) setelah kalibrasi awal pada contoh karya; bila hanya satu asesor, proses kalibrasi dan penggunaan contoh benchmark dijelaskan untuk memastikan konsistensi.

Kriteria Keberhasilan Program

Program dinyatakan berhasil apabila terjadi peningkatan skor pengetahuan yang signifikan secara statistik ($p < 0,05$) dengan ukuran efek minimal sedang ($d \geq 0,5$), setidaknya 70% peserta mencapai kategori baik atau lebih tinggi pada keterampilan praktik, serta rerata skor rubrik integrasi perangkat ajar mencapai $\geq 3,0$ (baik) sehingga menunjukkan kesiapan implementasi di kelas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

a. Perubahan Pengetahuan (Pretest vs Posttest)

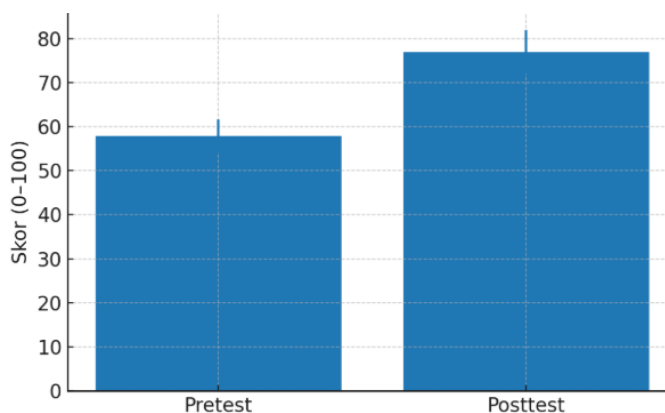
Sebanyak 15 guru menyelesaikan tes pengetahuan AR pada pra dan pascaintervensi. Uji normalitas Shapiro-Wilk pada selisih skor menunjukkan distribusi yang memenuhi asumsi normalitas ($p = 0,063$) sehingga analisis lanjut menggunakan uji *paired t*. Deskripsi skor pengetahuan disajikan pada Tabel 4, sedangkan hasil uji asumsi dan uji beda pada Tabel 5, dan perbandingan rerata beserta CI 95% ditunjukkan pada Gambar 1.

Tabel 4. Statistik deskriptif skor pengetahuan AR

Ukuran	Pretest (n=15)	Posttest (n=15)	Selisih (Post-Pre)
Rerata (SD)	57,87 (6,76)	76,93 (8,95)	19,07 (4,01)
Median (IQR)	57,00 (8,50)	74,00 (12,00)	18,00 (4,50)
Minimum – Maksimum	48 – 73	66 – 99	9 – 26

Tabel 5. Uji normalitas dan uji beda skor pengetahuan

Uji Asumsi & Inferensial	Nilai
Shapiro–Wilk pada selisih (p)	0,063
Uji yang digunakan	paired t-test
Statistik uji	$t(14) = 18,42$
p-value	$< 0,001$
Ukuran efek	Cohen's $d = 4,76$
CI 95% untuk Δ mean	[16,85; 21,29]



Gambar 1. Skor perbandingan pengetahuan AR

Gambar 1 menampilkan perbandingan rerata skor pengetahuan AR pada saat pretest dan posttest untuk 15 guru peserta. Terlihat kenaikan rerata dari 57,87 (pretest) menjadi 76,93 (posttest), atau peningkatan sekitar 19,07 poin. Error bar pada masing-masing batang menunjukkan interval kepercayaan 95% (CI 95%) untuk rerata; kedua CI tidak bertumpang tindih, yang secara visual menegaskan adanya perbedaan rerata yang nyata setelah intervensi pelatihan. Konsisten dengan visualisasi tersebut, analisis inferensial menunjukkan bahwa peningkatan rerata berada dalam CI 95% [16,85; 21,29], serta hasil uji *paired t* mengonfirmasi perbedaan yang signifikan ($t(14) = 18,42$; $p < 0,001$; Cohen's $d = 4,76$). Peningkatan pengetahuan yang ditransfer ini mencakup tiga domain spesifik yang diukur dalam instrumen tes, yaitu: (1) pemahaman konsep dasar AR, (2) penguasaan alur kerja teknis di Assemblr EDU, dan (3) prinsip integrasi pedagogis AR dalam pembelajaran di SD (sebagaimana dirinci pada Tabel 2). Secara substantif, temuan ini menunjukkan bahwa lokakarya pembuatan media AR berdampak kuat terhadap penguatan pengetahuan dasar AR pada guru, sehingga mempersiapkan mereka untuk melangkah ke keterampilan praktik dan perencanaan integrasi pada perangkat ajar.

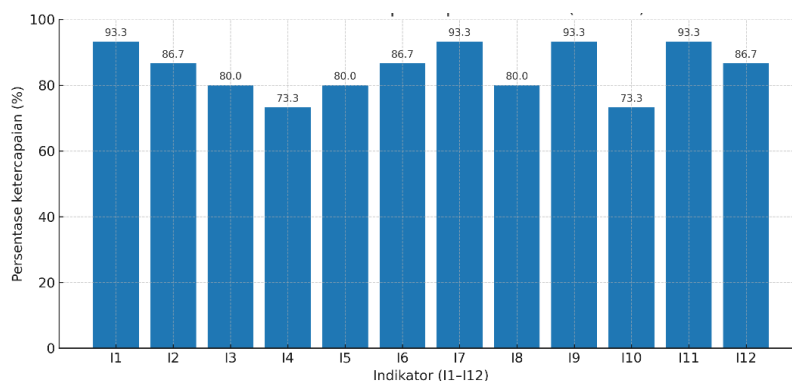
b. Keterampilan Praktik

Tabel 6 dan Gambar 2 memperlihatkan bahwa ketercapaian rata-rata antar-indikator mencapai 85,0%, menandakan penguasaan langkah kerja yang umumnya kuat pada mayoritas peserta. Tiga indikator dengan capaian tertinggi masing-masing 93,3% (14/15 peserta) adalah instalasi & login, mengelola beberapa objek di satu *scene*, serta mempublikasikan/berbagi proyek.

Tabel 6. Rata-rata Indikator Keterampilan Praktik

ID	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	I10	I11	I12	Terpenuhi	(%)	Kategori
P01	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	10	83.3	Baik
P02	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	10	83.3	Baik
P03	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	10	83.3	Baik
P04	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	11	91.7	Sangat baik
P05	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	11	91.7	Sangat baik
P06	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	10	83.3	Baik
P07	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	9	75.0	Baik
P08	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	100.0	Sangat baik
P09	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	9	75.0	Baik
P10	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	11	91.7	Sangat baik
P11	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	8	66.7	Cukup
P12	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	11	91.7	Sangat baik
P13	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	11	91.7	Sangat baik
P14	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	9	75.0	Baik
P15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	11	91.7	Sangat baik

Pola ini menunjukkan bahwa prosedur operasional yang bersifat linier, dari menyiapkan aplikasi hingga mendistribusikan hasil, telah dikuasai dengan baik. Sebaliknya, tiga indikator dengan capaian relatif terendah masih berada pada rentang memadai-baik, yakni menyimpan & *preview* proyek (80,0%; 12/15), penempatan objek pada marker/permukaan (73,3%; 11/15), dan mengatasi error umum (73,3%; 11/15). Dua indikator terakhir bersifat diagnostik dan sangat dipengaruhi kondisi teknis sehingga wajar menjadi tantangan awal dalam ekosistem AR.



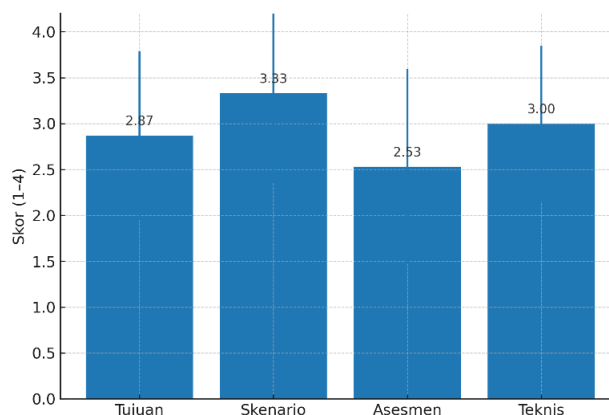
Gambar 2. Persentase ketercapaian per indikator

c. Integrasi AR pada Perangkat Ajar

Tabel 7 dan Gambar 3 menunjukkan bahwa kualitas rancangan integrasi AR ke perangkat ajar berada pada level cukup secara keseluruhan, dengan skor total rata-rata 2,93 (SD 0,50). Di antara empat kriteria, capaian tertinggi terdapat pada skenario kegiatan dengan rerata 3,33 (SD 0,98; kategori *baik*), diikuti kelayakan teknis & manajemen kelas dengan rerata 3,00 (SD 0,85; *baik*). Pola ini menandakan guru relatif siap menjalankan langkah operasional AR di kelas—alur kegiatan sudah terbaca jelas dan pengaturan perangkat/gawai beserta mitigasi dasar telah dipertimbangkan. Sebaliknya, dua area yang masih perlu diperkuat adalah kesesuaian tujuan & materi (2,87; SD 0,92; *cukup*) dan terutama asesmen & bukti belajar (2,53; SD 1,06; *cukup*).

Tabel 7. Rekap Rubrik Integrasi

Kriteria	Rerata	SD	Kategori
Kesesuaian tujuan & materi	2.87	0.92	Cukup
Skenario kegiatan	3.33	0.98	Baik
Asesmen & bukti belajar	2.53	1.06	Cukup
Kelayakan teknis & manajemen kelas	3.0	0.85	Baik
Skor total (rerata 4 kriteria)	2.93	0.5	Cukup



Gambar 3. Rubrik integrasi AR per kriteria

Temuan ini menunjukkan bahwa perumusan tujuan pembelajaran yang benar-benar terukur serta rancangan penilaian autentik (rubrik/lembar evidensi, produk dan proses) belum sepenuhnya konsisten di seluruh perangkat ajar. Secara praktis, hasil Tabel 7 menyarankan fokus perbaikan pada penyelarasan tujuan dengan kompetensi yang ditargetkan serta penyediaan instrumen asesmen yang eksplisit, seperti rubrik penilaian kinerja dan contoh bukti belajar agar kualitas integrasi AR meningkat dan seluruh kriteria terdorong menuju kategori baik.

Pembahasan

Temuan penelitian pengabdian ini memperlihatkan pola capaian yang konsisten antardomain hasil. Pada ranah kognitif, terjadi kenaikan rerata pengetahuan sebesar 19,07 poin dari $57,87 \pm 6,76$ (pretest) menjadi $76,93 \pm 8,95$ (posttest), dengan perbedaan yang signifikan ($t(14) = 18,42$; $p < 0,001$; Cohen's $d = 4,76$; CI 95% Δmean [16,85; 21,29]) sebagaimana dirangkum pada Tabel 4 dan divisualisasikan pada Gambar 1. Ranah keterampilan praktik menunjukkan ketercapaian antarindikator rata-rata 85,0% (Tabel 6), yang mengindikasikan penguasaan prosedural yang kuat oleh sebagian besar peserta. Selanjutnya, kualitas integrasi AR ke perangkat ajar berada pada kategori cukup dengan skor total rata-rata $2,93 \pm 0,50$ (Tabel 5): dua kriteria (skenario kegiatan (3,33) dan kelayakan teknis & manajemen kelas (3,00)) sudah baik, sementara kesesuaian tujuan & materi (2,87) dan asesmen & bukti belajar (2,53) masih memerlukan penguatan. Ketiga hasil ini membentuk satu garis argumentasi yang utuh: pelatihan berhasil mempercepat pemahaman dan kelancaran praktik dasar, tetapi kesiapan pedagogiknya baru setengah matang.

Besarnya efek pada pengetahuan dapat dipahami dari rancangan intervensi yang berbasis praktik langsung, alur demonstrasi, praktik bertahap, dan *microteaching* memungkinkan peserta membangun skema konseptual yang terikat pada tindakan. Dengan kata lain, konsep “AR untuk pembelajaran” tidak hadir sebagai informasi abstrak, melainkan sebagai pengalaman melakukan yang segera diberi makna. Pada saat yang sama, karena pengukuran dilakukan segera setelah pelatihan satu hari, peningkatan tajam ini perlu dibaca sebagai lonjakan awal yang masih menuntut penguatan agar retensi dan transfer ke kelas tetap terjaga. Oleh sebab itu, bukti peningkatan kognitif harus dilanjutkan dengan strategi pascapelatihan yang memastikan pengetahuan tersebut bergerak dari “tahu” menjadi “terbiasa mampu”.

Konsistensi antara capaian kognitif dan keterampilan praktik tampak pada indikator-indikator operasional yang menonjol: instalasi & login, mengelola beberapa objek dalam satu *scene*, serta mempublikasikan/berbagi proyek masing-masing mencapai 93,3% ketercapaian. Ini menunjukkan bahwa setelah memahami alur kerja, peserta relatif cepat menguasai rangkaian langkah linier dari menyiapkan hingga mendiseminasi proyek AR. Kecenderungan tersebut selaras dengan karakter pelatihan yang memandu langkah demi langkah, sehingga *bottleneck* yang lazim pada adopsi teknologi berhasil diminimalkan.

Sebaliknya, indikator yang paling menantang—penempatan objek pada marker/permukaan dan mengatasi error umum (keduanya 73,3%), serta menyimpan & *preview* proyek (80,0%)—menuntut keterampilan diagnostik yang lebih adaptif. Keberhasilan pada indikator-indikator ini bergantung pada variabel konteks (pencahayaannya, kontras/tekstur marker, stabilitas kamera, kapasitas gawai) dan *mental model* prosedur yang rapi. Dengan demikian, transisi dari kelancaran prosedural menuju ketangguhan teknis belum sepenuhnya tuntas. Kesenjangan inilah yang memerlukan drill berbasis skenario masalah dan lembar *troubleshooting* ringkas agar peserta tidak sekadar mahir “menjalankan”, tetapi juga tahan uji ketika kondisi lapangan berubah.

Temuan pada rubrik integrasi memperjelas mengapa ketangguhan teknis perlu dibarengi penguatan pedagogis. Skor skenario kegiatan yang baik mengindikasikan guru telah mampu merangkai aktivitas pembelajaran yang memanfaatkan AR secara operasional, dan kelayakan teknis & manajemen kelas yang baik menunjukkan pertimbangan perangkat, waktu, dan alur kelas sudah diperhitungkan. Namun, kesesuaian tujuan & materi yang masih cukup menandakan sebagian perangkat ajar belum sepenuhnya mengunci keterkaitan antara penggunaan AR dan kompetensi yang ditargetkan. Lebih krusial lagi, asesmen & bukti belajar juga cukup, yang berarti indikator keberhasilan belajar, bentuk evidensi, serta rubrik/lembar penilaian belum konsisten dirumuskan. Tanpa dua pilar ini, AR berisiko terjebak menjadi demonstrasi menarik alih-alih sarana mencapai hasil belajar yang terukur.

Jika dibandingkan dengan kriteria keberhasilan program, dua dari tiga sasaran telah tercapai: peningkatan pengetahuan signifikan dengan ukuran efek $\geq$ sedang (bahkan sangat besar) dan $\geq 70\%$ peserta pada kategori baik/sangat baik untuk keterampilan praktik. Satu sasaran—skor integrasi rata-rata $\geq 3,0$ —belum terpenuhi (2,93). Kesenjangan tipis ini tidak bersifat teknis murni, melainkan pedagogis: ia akan tertutup apabila perumusan tujuan pembelajaran terukur dan desain asesmen autentik (yang menangkap produk dan proses) diperjelas. Dengan penajaman itu, penggunaan AR di kelas akan bergeser dari sekadar “menghadirkan pengalaman imersif” menjadi memberi bukti capaian belajar yang sah dan dapat direplikasi.

Interpretasi hasil perlu mempertimbangkan keterbatasan rancangan. Desain satu kelompok pretest–posttest tanpa pembandingan membuka kemungkinan pengaruh faktor luar; ukuran sampel terbatas ($n = 15$) sehingga generalisasi bersifat hati-hati; dan bukti reliabilitas instrumen (khususnya tes pengetahuan dan penilaian rubrik) belum dilaporkan secara kuantitatif pada bagian hasil. Ke depan, penambahan uji reliabilitas antarpembandingan pada rubrik, uji normalitas dan konsistensi butir tes, serta delayed posttest untuk menilai retensi akan memperkuat validitas inferensi.

Dari keseluruhan temuan, implikasi praktisnya jelas dan berurutan. Pertama, untuk menjaga retensi pengetahuan, perlu siklus pendampingan singkat yang mendorong penerapan nyata di kelas. Kedua, untuk menaikkan keterampilan pada indikator terendah, diperlukan latihan berbasis kasus di berbagai kondisi pencahayaan dan permukaan, disertai panduan *troubleshooting* offline. Ketiga, untuk mengangkat skor integrasi melewati ambang baik ($\geq 3,0$), perangkat ajar harus diperkaya dengan tujuan terukur yang selaras dengan materi serta rubrik penilaian satu halaman lengkap dengan contoh bukti belajar (tangkapan layar proyek, foto penggunaan, atau *exit ticket* reflektif). Rangkaian langkah ini bukan hanya menutup celah pada kriteria yang cukup, melainkan juga memastikan transfer dari pelatihan ke praktik kelas berlangsung konsisten dan terukur.

Secara umum, pelatihan satu hari ini terbukti efektif sebagai pemantik: ia mendorong lompatan pengetahuan yang kuat dan menempatkan keterampilan praktik pada tingkat baik–sangat baik. Tantangan berikutnya yang bersifat pedagogis adalah menautkan AR secara erat

dengan tujuan pembelajaran dan pembuktian hasil belajar. Ketika dua aspek terakhir ini dipenuhi, integrasi AR akan bergerak dari “sekadar inovasi teknologi” menjadi intervensi pembelajaran yang bernilai bukti dan berkelanjutan.

KESIMPULAN

Lokakarya satu hari berhasil meningkatkan pengetahuan guru secara tajam ($\Delta\text{mean} +19,07$; $57,87 \rightarrow 76,93$), signifikan ($t(14)=18,42$, $p<0,001$) dengan ukuran efek sangat besar (Cohen's $d=4,76$; $CI95\%$ [16,85; 21,29]). Keterampilan praktik juga kuat—rata-rata ketercapaian indikator 85,0%—kokoh pada instalasi, pengelolaan objek, dan publikasi proyek, sementara penempatan objek pada marker/permukaan, troubleshooting error umum, serta simpan–preview masih memerlukan penguatan. Integrasi AR ke perangkat ajar berada pada kategori cukup (skor total $2,93 \pm 0,50$): skenario kegiatan dan kelayakan teknis/manajemen kelas termasuk baik, sedangkan kesesuaian tujuan & materi serta asesmen & bukti belajar masih cukup. Secara keseluruhan, dua dari tiga indikator keberhasilan program tercapai (pengetahuan dan keterampilan), sedangkan target skor integrasi $\geq 3,0$ belum terpenuhi. Disarankan pendampingan pascapelatihan yang menekankan drill penempatan dan troubleshooting offline, penajaman tujuan pembelajaran terukur, serta rubrik asesmen berikut contoh evidensi; langkah ini diproyeksikan mendorong kualitas integrasi ke kategori baik dan memastikan keberlanjutan implementasi di kelas.

DAFTAR PUSTAKA

- Alzahrani, N. M. (2020). Augmented Reality: A systematic review of its benefits and challenges in e-learning contexts. *Applied Sciences*, 10(16), 5660. <https://doi.org/10.3390/app10165660>
- Cai, Y., Pan, Z., & Liu, M. (2022). Augmented reality technology in language learning: A meta-analysis. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38(4), 929–945. <https://doi.org/10.1111/jcal.12661>
- Fan, M., Antle, A. N., & Warren, J. L. (2020). Augmented Reality for Early Language Learning: A systematic review of augmented reality application design, instructional strategies, and evaluation outcomes. *Journal of Educational Computing Research*, 58(6), 1059–1100. <https://doi.org/10.1177/0735633120927489>
- Fernández-Batanero, J. M., Montenegro-Rueda, M., Fernández-Cerero, J., & García-Martínez, I. (2020). Digital competences for teacher professional development. Systematic review. *European Journal of Teacher Education*, 45(4), 513–531. <https://doi.org/10.1080/02619768.2020.1827389>
- Godaert, E., Aesaert, K., Voogt, J., & Van Braak, J. (2022). Assessment of students' digital competences in primary school: a systematic review. *Education and Information Technologies*, 27(7), 9953–10011. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11020-9>
- Hidayat, R., & Wardat, Y. (2023). A systematic review of Augmented Reality in Science, Technology, Engineering and Mathematics education. *Education and Information Technologies*, 29(8), 9257–9282. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12157-x>
- Koumpouros, Y. (2024). Revealing the true potential and prospects of augmented reality in education. *Smart Learning Environments*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00288-0>

- Lampropoulos, G., Keramopoulos, E., Diamantaras, K., & Evangelidis, G. (2022). Augmented Reality and Gamification in Education: A systematic literature review of research, applications, and empirical studies. *Applied Sciences*, 12(13), 6809. <https://doi.org/10.3390/app12136809>
- Lin, Y., & Yu, Z. (2023). A meta-analysis of the effects of augmented reality technologies in interactive learning environments (2012–2022). *Computer Applications in Engineering Education*, 31(4), 1111–1131. <https://doi.org/10.1002/cae.22628>
- Maas, M. J., & Hughes, J. M. (2020). Virtual, augmented and mixed reality in K–12 education: a review of the literature. *Technology Pedagogy and Education*, 29(2), 231–249. <https://doi.org/10.1080/1475939x.2020.1737210>
- Mukul, E., & Büyüközkan, G. (2023). Digital transformation in education: A systematic review of education 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 194, 122664. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122664>
- Pahmi, S., Hendriyanto, A., Sahara, S., Muhaimin, L. H., Kuncoro, K. S., & Usodo, B. (2023). Assessing the Influence of Augmented Reality in Mathematics Education: A systematic literature review. *International Journal of Learning Teaching and Educational Research*, 22(5), 1–25. <https://doi.org/10.26803/ijlter.22.5.1>
- Parmaxi, A., & Demetriou, A. A. (2020). Augmented reality in language learning: A state-of-the-art review of 2014–2019. *Journal of Computer Assisted Learning*, 36(6), 861–875. <https://doi.org/10.1111/jcal.12486>
- Stringer, L. R., Lee, K. M., Sturm, S., & Giacaman, N. (2022). A systematic review of primary school teachers' experiences with digital technologies curricula. *Education and Information Technologies*, 27(9), 12585–12607. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11127-z>
- Wang, C., Chen, X., Yu, T., Liu, Y., & Jing, Y. (2024). Education reform and change driven by digital technology: a bibliometric study from a global perspective. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11(1). <https://doi.org/10.1057/s41599-024-02717-y>
- Wohlfart, O., & Wagner, I. (2022). Teachers' role in digitalizing education: an umbrella review. *Educational Technology Research and Development*, 71(2), 339–365. <https://doi.org/10.1007/s11423-022-10166-0>
- Zhang, W., & Wang, Z. (2021). Theory and Practice of VR/AR in K-12 Science Education—A Systematic Review. *Sustainability*, 13(22), 12646. <https://doi.org/10.3390/su132212646>