

Pendampingan Guru MGMP dalam Menerapkan Hologram 3D di Kelas Sebagai *Best Practice*

Kaharuddin¹, Sitti Hajar², Supriadi³, Andi Marwan⁴,
Ahmad Arkam Ramadhani⁵, Anggraeni Putri Utami⁶,
Andi Kaharuddin^{7*}, Haedariah⁸

¹⁻⁶ Universitas Muhammadiyah Bulukumba

⁷⁻⁸ Universitas Lakidende Unaaha

* andikaharuddinunismuhmks@gmail.com

Abstrak

Kegiatan pengabdian ini merupakan kelanjutan dari program pemberdayaan guru berkelanjutan yang berfokus pada kerangka TPCK-S. Program sebelumnya telah berhasil meningkatkan *self-efficacy* guru MGMP melalui pelatihan hologram 3D, yang dibuktikan dengan transisi 95% guru dari Tahap 1 ("Bingung") ke Tahap 2 TPCK-S ("Berani Mencoba"). Meskipun demikian, teridentifikasi adanya *implementation gap* (kesenjangan implementasi) antara keberanian yang diperoleh di lokakarya dengan praktik nyata di kelas. Tujuan dari program pendampingan ini adalah (1) mendampingi guru mitra untuk mentransformasi *self-efficacy* tersebut menjadi praktik nyata di kelas, dan (2) mengidentifikasi *best practices* (praktik baik) yang muncul dari implementasi tersebut. Metode pengabdian yang digunakan adalah *Clinical Mentoring* (Pendampingan Klinis) yang bersifat partisipatif dalam kerangka *Action Research* (Plan-Do-See) selama periode dua bulan. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa program pendampingan berhasil memfasilitasi 90% (18 dari 20) guru mitra untuk menerapkan hologram 3D di kelas mereka. Melalui FGD reflektif akhir, teridentifikasi tiga kategori utama *best practices*: (a) Manajemen Teknis dan Lingkungan Kelas, (b) Pemicu "Aha! Moment" Konseptual pada Materi Abstrak (seperti diagonal ruang), dan (c) Adaptasi Pedagogis Awal, yakni transisi dari alat demo pasif menjadi pemicu diskusi aktif. Kesimpulannya, pendampingan klinis yang intensif terbukti krusial untuk menjembatani Tahap 2 ke Tahap 3 TPCK-S, mengubah keberanian guru menjadi praktik baik yang terbukti di lapangan.

Kata Kunci: pendampingan guru, *best practice*, hologram 3D, TPCK-S, *implementation gap*, *clinical mentoring*

Pendahuluan

Transformasi digital di abad ke-21 telah menjadi tuntutan mutlak dalam dunia pendidikan (Amiri, 2025). Salah satu tantangan paling persisten yang dihadapi dalam pendidikan matematika, khususnya di tingkat sekolah menengah, adalah kesulitan siswa dalam memahami konsep-konsep abstrak (Battista, 2007). Geometri, sebagai cabang matematika yang fundamental, menuntut kemampuan visualisasi dan penalaran spasial yang tinggi (Gutiérrez, 1996; Pittalis & Christou, 2010). Namun, fenomena di lapangan menunjukkan kesulitan siswa yang kronis dalam memvisualisasikan hubungan spasial dan

beralih dari pemikiran 2D ke representasi 3D. Kesulitan ini seringkali diperburuk oleh ketergantungan proses pembelajaran pada media konvensional. Papan tulis dan gambar 2D di buku teks gagal secara fundamental dalam memfasilitasi penalaran spasial. Media 2D memaksa siswa melakukan translasi mental yang berat secara kognitif untuk membayangkan objek 3D, yang seringkali berujung pada miskonsepsi, sebuah tantangan yang tercermin dalam penilaian berskala internasional (Mullis et al., 2021). Data informal dari observasi awal di lokasi mitra (SMP 10 Kendari) mengonfirmasi bahwa nilai rata-rata siswa pada topik geometri ruang secara konsisten masih di bawah KKM sekolah. Hal ini mengindikasikan kebutuhan mendesak akan media visualisasi yang lebih baik.

Sebagai respons, teknologi imersif seperti hologram 3D menawarkan solusi yang menjanjikan (Yoo et al., 2022). Hologram 3D memiliki potensi 'membuat yang tak terlihat menjadi terlihat' (Yoon & Wang, 2014) dan menjembatani kesenjangan antara representasi abstrak dan pemahaman konkret. Media ini dipandang mampu memfasilitasi pemahaman 3D dan meningkatkan keterlibatan siswa dengan cara yang praktis dan murah (Roslan & Ahmad, 2017).

Meskipun potensi teknologi tersedia, efektivitas integrasinya sangat bergantung pada kesiapan dan keyakinan pedagogis guru (Ertmer, 2005). Ketersediaan teknologi canggih tidak menjamin keberhasilan belajar; faktor penentunya adalah kompetensi pedagogis guru (Tondeur et al., 2017). Program pengabdian ini merupakan bagian dari alur program pemberdayaan guru berkelanjutan yang dirancang untuk mengatasi hambatan integrasi teknologi secara sistematis menggunakan kerangka TPCK-S (*Technological Pedagogical Content Knowledge-Skills*) (Mishra & Koehler, 2006; Voogt et al., 2013). Landasan untuk program ini dibangun di atas penelitian sebelumnya tentang pengembangan dan validasi media hologram 3D dalam kerangka TPCK-S (Kaharuddin, 2024; Kaharuddin, García García, et al., 2025). Berbagai studi terkait juga telah mengeksplorasi kepraktisan, pengaruh pada keterlibatan siswa, dan kemampuan TPACK guru dalam menggunakan media hologram 3D (Kaharuddin & Arsyad, 2023a; Kaharuddin, Arsyad, & Asdar, 2023a; Kaharuddin, Arsyad, & Asdar, 2023b; Kaharuddin, Arsyad, & Asdar, 2023c; Kaharuddin, Arsyad, M., & Asdar, 2023c).

Program pengabdian pertama dalam seri ini berfokus pada pemberdayaan mitra (Zimmerman, 1995) melalui Diskusi Terpumpun (FGD) untuk memvalidasi masalah secara partisipatif (Kaharuddin, Al Alim, et al., 2025). Temuan kunci dari Fase sebelumnya ini adalah bahwa akar masalah utama bukanlah ketiadaan alat, melainkan hambatan afektif dan internal guru. Guru secara terbuka mengungkapkan perasaan "bingung", "tidak percaya diri", dan persepsi bahwa teknologi 3D itu "rumit" atau "ribet". Temuan ini secara jelas mengindikasikan bahwa mitra guru berada pada Tahap 1 TPCK-S: Familiarisasi Teknis, di mana hambatan utamanya bersifat afektif dan teknis.

Merespons temuan Fase sebelumnya, program pengabdian kedua dirancang secara spesifik untuk mengatasi hambatan *self-efficacy* guru (Kaharuddin, Salmawati, et al., 2025). Intervensi dilakukan dalam bentuk lokakarya partisipatif dan pendampingan praktik langsung penggunaan media hologram 3D. Hasil kegiatan Fase tersebut menunjukkan keberhasilan yang signifikan. Terjadi pergeseran drastis perilaku guru: dari 90% terobservasi "bingung" (Tahap 1) pada awal sesi, menjadi 95% "berani mencoba" (Tahap 2 TPCK-S) pada akhir sesi praktik. Umpan balik kualitatif 90% positif, dengan guru secara eksplisit menyatakan "ternyata mudah sekali dan murah". Pada titik ini, mitra guru telah

berhasil mencapai Tahap 2 TPCK-S: Eksperimentasi Pedagogis (Awal), ditandai dengan *self-efficacy* dan penerimaan teknologi yang tinggi.

Meskipun Fase tersebut berhasil membangun *self-efficacy* (kepercayaan diri), naskah tersebut (Kaharuddin, Salmawati, et al., 2025) ditutup dengan rekomendasi yang krusial. Teridentifikasi bahwa pelatihan satu kali (*one-shot workshop*) tidak cukup untuk semua guru dan keberhasilan sangat bergantung pada intensitas pendampingan. Oleh karena itu, direkomendasikan perlunya "program pendampingan berkelanjutan" untuk memandu guru mentransformasi *self-efficacy* (Tahap 2) ini menjadi "keterampilan (Tahap 3 TPCK-S) yang terintegrasi dalam RPP". Di sinilah letak masalah yang ditangani oleh pengabdian Fase 3 ini.

Terdapat kesenjangan yang signifikan, yang dikenal sebagai *implementation gap* (kesenjangan implementasi), antara keberanian yang ditunjukkan dalam situasi lokakarya yang terkontrol dan aman, dengan praktik nyata di ruang kelas yang dinamis dan penuh tantangan. Masalahnya kini telah bergeser. Guru tidak lagi berkata, "Saya bingung dan tidak bisa" (Tahap 1). Masalah baru mereka adalah, "Saya sudah berani, tapi bagaimana saya memulainya di kelas saya yang nyata? Bagaimana jika gagal di depan siswa? Bagaimana jika jaringannya buruk? Bagaimana jika siswa ribut?". Keraguan ini, yang disebut *implementation dip* (jurang implementasi), adalah hambatan psikologis yang nyata. Tanpa pendampingan untuk melewati jurang ini, *self-efficacy* (Tahap 2) yang sudah dibangun dengan susah payah berisiko luntur dan tidak pernah menjadi praktik nyata. Ini adalah manifestasi lain dari "*knowing-doing gap*" yang sering dilaporkan dalam literatur integrasi teknologi.

Urgensi dari kegiatan pengabdian Fase 3 ini adalah untuk mengawal dan memastikan bahwa momentum positif dan *self-efficacy* tinggi dari Fase 2 tidak hilang, serupa dengan urgensi program pengabdian masyarakat lain yang berfokus pada intervensi peningkatan kapasitas di bidang pendidikan (Revisika et al., 2025). Program ini dirancang untuk secara proaktif menjemput guru yang berada di "jurang implementasi" dan menuntun mereka menyeberang ke praktik nyata. Berdasarkan urgensi tersebut, tujuan dari kegiatan pengabdian ini adalah:

1. Mendampingi dan memfasilitasi guru mitra (yang sudah berada di Tahap 2 TPCK-S) untuk menerapkan media hologram 3D di ruang kelas mereka masing-masing secara nyata.
2. Mengidentifikasi, mengumpulkan, dan menganalisis "*best practices*" (praktik baik) yang muncul dari implementasi nyata di kelas, sebagai fondasi untuk pengembangan keterampilan pedagogis (Tahap 3 TPCK-S) di program selanjutnya.

Metode Pelaksanaan

Pengabdian ini menggunakan desain *Action Research* (Penelitian Tindakan) dengan model *Clinical Mentoring* (Pendampingan Klinis). Metode ini dipilih karena fokusnya bukan lagi pada *pelatihan*, melainkan pada *pendampingan* implementasi di konteks otentik (kelas nyata). *Clinical Mentoring* dalam konteks ini bukanlah supervisi yang bersifat menghakimi, melainkan proses kolaboratif, setara, dan reflektif. Tim pengabdian bertindak sebagai "rekan kritis" (*critical friend*) dan fasilitator, bukan sebagai instruktur. Desain ini mengadopsi

siklus *Action Research* yang sistematis (Plan-Do-See), yang diadaptasi dari beberapa studi layanan masyarakat berbasis tindakan. Siklus ini dirancang untuk memastikan proses pendampingan berjalan terstruktur dan guru merasa didukung secara penuh. Khalayak sasaran utama adalah 20 guru Matematika yang tergabung dalam MGMP Matematika, yang merupakan mitra yang sama dengan peserta program sebelumnya (Kaharuddin, Salmawati, et al., 2025). Pemilihan mitra yang sama ini bersifat strategis untuk menjaga kesinambungan program.

- Jumlah: 20 guru.
- Kompetensi Teknis: 95% (19 dari 20 guru) telah terlatih dan mampu mengoperasikan alat hologram 3D secara mandiri.
- Kompetensi Afektif: 95% memiliki *self-efficacy* tinggi dan penerimaan positif, berada pada Tahap 2 TPCK-S ("Berani Mencoba").
- Kebutuhan: Memerlukan pendampingan lanjutan untuk implementasi di kelas nyata.

Program pendampingan ini dilaksanakan dalam tiga tahap utama selama periode dua bulan.

Tahap 1: Perencanaan (Plan) - Workshop Refresher (1 Hari)

Tahap ini adalah "Klinik Perencanaan" yang bertujuan menyatukan kembali mitra dan mempersiapkan mereka untuk implementasi. Kegiatan ini bukan pelatihan ulang. Agenda utamanya meliputi:

1. *Refresher Teknis*: Tim pengabdian melakukan demonstrasi ulang singkat (15 menit) untuk mengingatkan kembali cara kerja alat dan mengatasi hambatan teknis umum.
2. *Pemaparan Program*: Tim menjelaskan tujuan Fase 3, yaitu "menerapkan di kelas" dan "berbagi praktik baik". Tekanannya adalah bahwa "gagal" dalam mencoba adalah bagian dari proses belajar.
3. *Pengenalan Logbook Implementasi*: Tim membagikan *logbook* (lihat Tabel 1) sebagai alat refleksi mandiri bagi guru.
4. *Klinik Perencanaan Kelompok*: Guru dibagi dalam kelompok kecil (berdasarkan rumpun materi atau sekolah) untuk mendiskusikan rencana kasar: "Kapan Anda akan mencoba?" dan "Pada materi apa (misal: bangun ruang sisi datar, rotasi) alat ini akan dicoba?"

Tahap 2: Tindakan & Pendampingan (Do) - Implementasi di Kelas (Periode 2 Bulan)

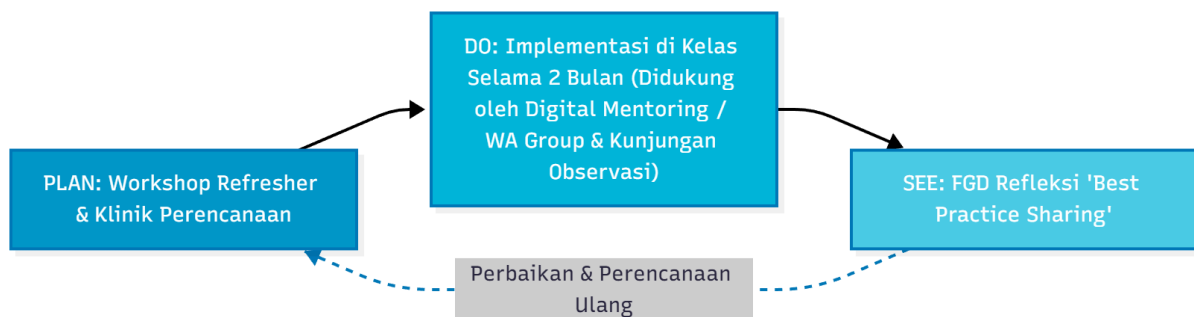
Ini adalah inti dari metode *clinical mentoring*. Guru mitra kembali ke sekolah masing-masing dan, dalam kurun waktu 2 bulan, mencoba menerapkan hologram 3D di kelas mereka sesuai rencana. Selama periode ini, tim pengabdian mengambil peran pendamping aktif:

1. *Dukungan On-Call (Digital Mentoring)*: Membentuk Grup WhatsApp khusus sebagai "Ruang Gawat Darurat". Guru dapat bertanya kapan saja jika menghadapi masalah teknis ("Pak, videonya tidak muncul") atau pedagogis ("Anak-anak ribut, bagaimana mengatasinya?"). Tim pengabdian merespons secara *real-time* untuk memitigasi frustrasi.

2. *Kunjungan Terjadwal (Observasi Partisipatif)*: Tim pengabdi (atas kesepakatan dan undangan guru) melakukan kunjungan ke sekolah mitra. Selama kunjungan, tim duduk di belakang kelas, mengamati proses, dan mencatat (menggunakan lembar observasi). Tim tidak menginterupsi jalannya pembelajaran, kecuali diminta oleh guru jika terjadi kendala teknis darurat.
3. *Sesi Umpan Balik Pasca-Observasi*: Segera setelah kelas selesai, tim pengabdi melakukan diskusi reflektif 1-on-1 (10-15 menit) dengan guru, berfokus pada apa yang sudah berjalan baik dan apa yang bisa ditingkatkan.

Tahap 3: Refleksi (See) - FGD "Best Practice Sharing" (1 Hari)

Setelah periode 2 bulan berakhir, seluruh 20 guru mitra dikumpulkan kembali. Berbeda dengan FGD di Fase 1 yang bertujuan mengidentifikasi *masalah*, FGD Fase 3 ini bertujuan untuk berbagi *solusi* dan *praktik baik*. Setiap guru (atau perwakilan kelompok) diminta mempresentasikan temuan dari *logbook* implementasi mereka. Diskusi difokuskan pada pertanyaan: "Apa yang berhasil di kelas Anda? Apa temuan menarik Anda? Apa *best practice* Anda?"



Gambar 1. Diagram Alur Metode Pelaksanaan (Plan-Do-See)

Untuk mengukur keberhasilan program pendampingan ini, digunakan beberapa instrumen kualitatif dan kuantitatif:

1. *Logbook Implementasi (Data Kuantitatif-Kualitatif)*: Ini adalah instrumen utama yang dipegang oleh guru. *Logbook* ini berfungsi sebagai catatan harian reflektif. (Lihat Tabel 1).
 - *Analisis Kuantitatif*: Data frekuensi penggunaan (Kolom 2) dianalisis secara deskriptif-kuantitatif untuk menghitung tingkat adopsi implementasi (Berapa persen guru yang berhasil menerapkan? Berapa kali mereka menerapkan?).
 - *Analisis Kualitatif*: Data naratif (Kolom 4, 5, 6) dianalisis untuk mengumpulkan verbatim pengalaman guru dan siswa.
2. *Lembar Observasi Kunjungan Kelas (Data Kualitatif)*: Diisi oleh tim pengabdi selama kunjungan (Tahap Do). Lembar observasi ini tidak menggunakan *checklist* kaku, melainkan bersifat naratif (*anecdotal records*). Fokusnya adalah mencatat:
 - Manajemen teknis dan transisi antar media.
 - Perilaku adaptif guru (misal: cara guru menangani kegagalan teknis).
 - Perilaku siswa (fokus, antusiasme, "Aha! moment").

Tabel 1. Format Logbook Implementasi Guru

Tanggal & Frekuensi Ke-	Materi Ajar	Catatan Proses (Apa yang berhasil?)	Hambatan (Apa yang gagal/sulit?)	Respon Siswa (Verbatim/Observasi)
10/10/2025 (Ke-1)	Diagonal Ruang Kubus	[Guru mengisi]	[Guru mengisi]	[Guru mengisi]
17/10/2025 (Ke-2)	Jaring-jaring Limas	[Guru mengisi]	[Guru mengisi]	[Guru mengisi]
24/10/2025 (Ke-3)	Volume Prisma Segitiga	[Guru mengisi]	[Guru mengisi]	[Guru mengisi]
31/10/2025 (Ke-4)	Transformasi Geometri	[Guru mengisi]	[Guru mengisi]	[Guru mengisi]
07/11/2025 (Ke-5)	Refleksi dan Evaluasi	[Guru mengisi]	[Guru mengisi]	[Guru mengisi]

- Transkrip FGD Refleksi (Data Kualitatif Utama): Seluruh sesi FGD (Tahap *See*) direkam dan ditranskripsi. Data verbatim guru ini adalah data kualitatif terkaya. *Analisis:* Data dianalisis menggunakan Analisis Konten Tematik. Tim pengabdi mengkategorikan ratusan verbatim guru menjadi tema-tema praktik baik yang muncul berulang kali.

Hasil dan Pembahasan

Hasil dari program pendampingan klinis ini disajikan dalam dua bagian: (1) data kuantitatif tingkat adopsi yang menunjukkan keberhasilan program dalam mendorong implementasi, dan (2) data kualitatif mendalam dari *logbook*, observasi, dan FGD yang mengidentifikasi *best practices* yang ditemukan oleh guru. Tujuan utama program pendampingan ini adalah untuk mendorong guru beralih dari "berani mencoba" (di lokakarya) menjadi "menerapkan" (di kelas). Berdasarkan analisis *logbook* implementasi yang dikumpulkan di akhir periode 2 bulan, diperoleh data tingkat adopsi seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Tingkat Adopsi Implementasi Hologram 3D oleh Guru Mitra (N=20)

Kategori Implementasi	(n)	(%)	Keterangan
Menerapkan di Kelas	18	90%	Guru berhasil menerapkan hologram 3D di kelas minimal satu kali.
Menerapkan 1–2 kali	10	50%	Sebagian besar mencoba sebagai uji coba awal.
Menerapkan > 2 kali	8	40%	Guru mulai mengintegrasikan ke beberapa pertemuan/kelas.
Tidak Menerapkan	2	10%	
Alasan Afektif	0	0%	Tidak ada guru yang melaporkan "tidak berani" atau "bingung."
Alasan Eksternal	2	10%	1 guru cuti melahirkan, 1 guru terkendala jadwal sangat padat (non-teknis).

Data pada Tabel 2 menunjukkan keberhasilan program pendampingan secara kuantitatif. Sebanyak 90% (18 dari 20) guru mitra berhasil mempraktikkan apa yang mereka pelajari di lokakarya sebelumnya (Kaharuddin, Salmawati, et al., 2025). Yang lebih

penting, 0% guru melaporkan alasan tidak menerapkan karena hambatan afektif (takut, bingung, atau tidak percaya diri). Ini membuktikan bahwa *self-efficacy* yang dibangun di program sebelumnya (Kaharuddin, Salmawati, et al., 2025) berhasil dipertahankan. Dua guru yang tidak menerapkan disebabkan oleh alasan eksternal yang tidak terkait dengan program. Dari 18 guru yang menerapkan, 8 guru (40% dari total) bahkan menerapkan lebih dari dua kali. Ini mengindikasikan pergeseran dari sekadar "uji coba" menjadi "adopsi awal". Data ini menjadi justifikasi kuat bahwa model pendampingan klinis adalah langkah lanjutan yang esensial setelah lokakarya sebelumnya (Kaharuddin, Salmawati, et al., 2025) untuk memastikan terjadinya implementasi.

Meskipun data kuantitatif terlihat mulus (90% berhasil), data kualitatif dari *logbook* dan observasi menunjukkan perjuangan yang nyata. Banyak guru mengalami "*Implementation Dip*" (jurang implementasi) pada minggu-minggu awal. Di sinilah peran *clinical mentoring* menjadi vital. Studi Kasus Naratif 1 (Guru A - "Si Peragu"): Guru A (nama disamarkan) adalah salah satu guru yang paling antusias selama lokakarya sebelumnya (Kaharuddin, Salmawati, et al., 2025). Beliau termasuk dalam 95% yang "berani mencoba". Namun, pada *logbook* minggu pertama dan kedua, kolom implementasinya kosong. Selama *Workshop Refresher* (Tahap *Plan*), beliau terlihat ragu-ragu dan tidak banyak bicara. Tim pengabdian mengidentifikasi beliau sebagai target pendampingan proaktif.

Verbatim (Logbook Guru A - Minggu 2):

"Minggu ini materi bangun ruang sudah masuk. Saya sudah siapkan alat [hologram], tapi saya belum berani. Saya takut anak-anak ribut. Saya takut gagal di depan mereka. Saya putuskan pakai buku teks dulu."

Ini adalah bukti klasik dari *implementation dip*. *Self-efficacy* (Tahap 2) ada, tetapi keraguan situasional menghalangi praktik. Tim pengabdian (melalui WA Group, Tahap *Do*) secara proaktif menghubungi Guru A, menawarkan pendampingan kunjungan kelas.

Verbatim (Catatan Observasi Tim PKM - Kunjungan ke Kelas Guru A, Minggu 3):

"Guru A terlihat gugup di awal. Sesuai kesepakatan, tim duduk di belakang. Saat transisi ke hologram, Guru A sempat kesulitan menyambungkan HP ke speaker. Tim memberi 'jempol' dari belakang. Guru A menarik napas, lalu memulai. Siswa awalnya ribut, tapi langsung terdiam saat hologram molekul berputar. Guru A berhasil."

Verbatim (Guru A - Sesi FGD Refleksi, Tahap *See*):

"Jujur, Bapak/Ibu. Kalau tidak Bapak/Ibu WA dan datang ke sekolah saya, logbook saya mungkin kosong sampai akhir. Pas Bapak/Ibu datang dan duduk di belakang, saya baru berani. Saya merasa ada 'backing' jika saya gagal. Ternyata anak-anak suka. Setelah sekali itu, minggu depannya saya berani mencoba sendiri di kelas lain. Terima kasih pendampingannya."

Studi kasus Guru A ini, yang mewakili banyak guru lain, menunjukkan bahwa *self-efficacy* yang diperoleh di lokakarya sangat rapuh. Pendampingan klinis (baik digital via WA maupun fisik via kunjungan) berfungsi sebagai "jaring pengaman" psikologis yang memitigasi frustrasi teknis dan memberikan dorongan afektif yang dibutuhkan guru untuk melakukan lompatan pertama dari "berani" ke "menerapkan".



Gambar 2. Dokumentasi Kegiatan Pendampingan (Plan-Do-See)

Setelah guru berhasil melewati "*implementation dip*", mereka mulai bereksperimen. Dari FGD Refleksi (Tahap *See*), terkumpul puluhan temuan praktis. Setelah dianalisis secara tematik, kami mengidentifikasi *best practice* kategori pertama: Manajemen Teknis dan Lingkungan. Guru secara kolektif, melalui *trial and error* di kelas masing-masing, menemukan strategi teknis terbaik yang tidak kami ajarkan di lokakarya.

Temuan 1 (Teknis - Setting Kelas): Demo klasikal menggunakan satu hologram di depan kelas (seperti saat lokakarya) ternyata tidak efektif di kelas nyata yang besar. *Best practice* yang ditemukan adalah setting kerja kelompok (*small group station*).

Verbatim (Guru B - Sesi FGD Refleksi):

"Awalnya saya pakai LCD, saya tembak videonya. Gagal total. Anak-anak di belakang tidak lihat. Minggu depannya, saya ganti strategi. Saya bagi 6 kelompok. Alat hologramnya [piramida] saya bagi 6. Anak-anak pakai HP mereka sendiri per kelompok. Jauh lebih fokus. Mereka bisa putar-putar sendiri. Best practice saya: jangan demo klasikal, tapi pakai model stasiun kerja kelompok."

Temuan 2 (Teknis - Persiapan): Guru menemukan bahwa persiapan teknis sangat krusial untuk menjaga *flow* pembelajaran.

Verbatim (Guru C - Sesi FGD Refleksi):

"Saya tambahkan, Pak. Video hologramnya wajib di-download H-1. Jangan streaming YouTube. Jaringan di sekolah kami (di lantai 3) jelek. Pertama kali saya coba streaming, buffering terus, habis waktu 10 menit hanya untuk menunggu."

Anak-anak keburu bubar fokusnya. Best practice saya: siapkan semua video secara offline."

Temuan-temuan teknis ini sangat berharga karena lahir dari praktik nyata. Ini menunjukkan guru tidak hanya mampu menerapkan (*skill*), tetapi mulai beradaptasi (*synthesis*) dengan konteks mereka.

Best practice kategori kedua yang teridentifikasi adalah pada level Konten (C) dan Pedagogi (P). Guru, melalui pengalaman mereka, mulai memetakan secara mandiri materi apa yang paling "meledak" atau paling efektif jika menggunakan hologram.

Temuan 3 (Konten - Materi Efektif): Guru menemukan hologram paling efektif bukan untuk semua materi geometri, tetapi spesifik untuk konsep-konsep yang membutuhkan rotasi mental dan visualisasi tembus pandang. Studi Kasus Naratif 2 (Guru D - Menyelesaikan Masalah Diagonal Ruang): Guru D adalah guru senior yang pada Fase 1 dan Fase 2 secara vokal menyuarakan kesulitannya mengajarkan "diagonal ruang". Beliau adalah salah satu yang pertama menerapkan hologram di kelasnya.

Verbatim (Guru D - Sesi FGD Refleksi):

"Saya mau lapor. Ingat di PKM 1 dan 2 saya bilang masalah kronis saya di diagonal ruang? minggu lalu saya praktikkan. Saya siapkan hologram kubus transparan yang berputar pelan, dengan diagonal ruangnya menyala merah. Saya minta anak-anak maju per kelompok. Awalnya mereka diam. Lalu ada satu anak di baris belakang yang biasanya tidur, dia maju, melihat dari atas, dari bawah. Tiba-tiba dia bilang, 'Ooooooh... jadi garis itu tembus ke dalam, Pak? Bukan nempel di sisi?'. Satu kelas langsung ribut 'Oh, iya!'. Itu Aha! moment yang saya cari selama 15 tahun mengajar."

Verbatim (Guru F - Sesi FGD Refleksi):

"Saya juga, Bu. Tapi di materi jaring-jaring. Saya tunjukkan video hologram limas yang 'terbuka' jadi jaring-jaring, lalu 'menutup' lagi. Anak-anak akhirnya paham dari mana datangnya jaring-jaring itu. Best practice saya: gunakan ini untuk materi yang bergerak, seperti transisi dari 3D ke 2D (jaring-jaring)."

Temuan ini menunjukkan guru telah melampaui "bisa pakai alat". Mereka telah masuk ke sintesis *Pedagogical Content Knowledge* (PCK), di mana mereka secara sadar memilih Teknologi (T) spesifik untuk mengatasi Masalah Konten (C) spesifik yang selama ini gagal mereka ajarkan.

Best practice kategori ketiga adalah yang paling canggih secara pedagogis dan merupakan embrio dari Tahap 3 TPCK-S ("Integrasi Mulus"). Beberapa guru (terutama 8 guru yang menerapkan > 2 kali) mulai berevolusi dalam penggunaannya. Mereka tidak lagi menggunakan hologram hanya sebagai *alat demo* (pasif), tetapi sebagai *pemicu diskusi* (aktif). Temuan 4 (Pedagogi - Adaptasi Aktif): Guru mulai mengintegrasikan hologram ke dalam siklus pembelajaran mereka, bukan hanya sebagai "*gimmick*" di akhir. Studi Kasus Naratif 3 (Guru E - "Si Inovator"): Guru E adalah guru muda yang sangat aktif di WA Group. Beliau adalah yang pertama melaporkan penggunaan lebih dari 3 kali.

Verbatim (Guru E - Sesi FGD Refleksi):

"Kalau di pelatihan [PKM 2] kita kan cuma 'wow, bagus, antusias'. Tapi pas di kelas, saya coba kembangkan. Setelah hologram kubus berputar 1 menit, saya matikan"

videonya. Kelas hening. Lalu saya langsung lempar pertanyaan ke siswa: 'Apa yang barusan kamu lihat? Sekarang, buka buku teks halaman 105. Apa bedanya gambar kubus di buku teks dengan yang kamu lihat tadi?' Ternyata diskusinya lebih hidup, Pak. Anak-anak jadi kritis. Mereka bilang 'Di buku gambarnya miring, Pak. Bikin bingung. Kalau tadi jelas'."

Analisis: Tindakan Guru E adalah bukti nyata dari sintesis TPCK-S. Beliau secara aktif menghubungkan Teknologi (Hologram) dengan Pedagogi (Diskusi Terbimbing/Inkuiri) dan Konten (Perbandingan representasi 2D vs 3D). Beliau tidak lagi melihat hologram sebagai pengganti buku teks, tetapi sebagai komparator yang memperkuat pemahaman. Perilaku adaptif "Guru E", "Guru B" (*setting* kelompok), dan "Guru D" (fokus di diagonal ruang) adalah "*best practices*" yang sesungguhnya. Mereka telah menemukan cara mengajar baru, bukan hanya alat baru.

Tabel 3. Rangkuman Temuan Best Practices dari FGD Refleksi (Tahap See)

Kategori Best Practice	Deskripsi/ Temuan Kunci	Contoh Verbatim Kunci (dari Guru)	Level TPCK-S
1. Manajemen Teknis & Lingkungan	Guru menemukan strategi teknis optimal (yang tidak diajarkan di lokakarya) melalui <i>trial and error</i> , seperti cara menyiapkan perangkat dan mengatur kegiatan.	"Jangan demo klasikal, pakai stasiun kerja kelompok." (Guru B) "Video wajib di-download H-1, jangan streaming." (Guru C)	Tahap 2 (Eksperimentasi Teknis)
2. Pemicu "Aha! Moment" Konseptual	Guru berhasil mengidentifikasi materi-materi abstrak (mis. rotasi mental, visualisasi 3D) di mana hologram memberikan dampak konseptual paling signifikan.	"Anak-anak langsung 'Ooooooh... jadi itu tembus ke dalam' (pada diagonal ruang)." (Guru D) "Siswa paham jaring-jaring karena melihat proses 'terbuka-menutup'." (Guru F)	Tahap 2 (Sintesis T-C-P Awal)
3. Adaptasi Pedagogis (Alat Diskusi)	Guru berkembang dari penggunaan pasif (demo visual) ke penggunaan aktif hologram sebagai pemicu diskusi dan inkuiri.	"Setelah hologram berputar, saya matikan. Saya tanya 'Apa bedanya dengan gambar di buku teks?' Diskusinya lebih hidup." (Guru E)	Embrio Tahap 3 (Integrasi Pedagogis)

Kesimpulan

Program pengabdian Fase 3 ini, yang berfokus pada *clinical mentoring*, telah berhasil dilaksanakan dan mencapai tujuannya. Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat ditarik dua kesimpulan utama:

1. Program pendampingan klinis yang intensif (melalui *on-call support* dan kunjungan kelas) terbukti berhasil dan esensial untuk menjembatani *implementation gap*. Program ini sukses mendorong adopsi nyata (90% guru menerapkan), memastikan *self-efficacy*

tinggi (Tahap 2 TPCK-S) yang diperoleh dari pelatihan (Fase 2) tidak luntur dan berhasil ditransformasi menjadi praktik nyata di kelas.

2. Program ini berhasil mengidentifikasi tiga kategori utama "best practices" yang lahir dari praktik guru di lapangan. *Best practices* ini meliputi: (1) Manajemen Teknis dan Lingkungan Kelas, (2) Pemicu "Aha! Moment" Konseptual untuk materi abstrak, dan (3) Adaptasi Pedagogis Awal, di mana guru mulai bergeser dari alat demo pasif ke pemicu diskusi aktif (Embrio Tahap 3 TPCK-S).

Meskipun program ini berhasil mengidentifikasi *best practices*, temuan-temuan tersebut memiliki kelemahan: praktik-praktik baik ini masih bersifat informal, individual, dan berbasis pengalaman (*tacit knowledge*). Praktik ini belum terstruktur, belum terstandarisasi, dan belum terintegrasi secara formal ke dalam dokumen kurikulum (RPP). Guru "E" berhasil karena inovasi pribadinya, namun guru lain belum tentu bisa mereplikasinya tanpa panduan. Oleh karena itu, alur program pengabdian ini harus dilanjutkan ke program berikutnya (PKM 2026). Rekomendasi utama dari kegiatan ini adalah perlunya program lanjutan yang berfokus pada: Peningkatan Keterampilan Pedagogis Guru. Program lanjutan (sesuai judul rencana: *Penerapan IPTEK Edukasi Hologram 3D untuk Peningkatan Keterampilan Pedagogis Guru dalam mengajarkan Penalaran Spasial...*) harus bertujuan untuk memformalkan *best practices* (temuan dari program ini). Kegiatannya harus berupa lokakarya desain pembelajaran, di mana guru secara kolektif mentransformasi "best practice" (pengetahuan informal) menjadi Keterampilan Pedagogis (Tahap 3 TPCK-S) yang terstruktur dan terintegrasi secara sistematis dalam Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) yang siap pakai dan dapat direplikasi.

Referensi

- Amiri, S. M. H. (2025). Digital Transformations in Education: Research Insights for 21st-Century Learning. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology (IJSET)*, 12(03), 1-15.
- Battista, M. T. (2007). The development of geometric and spatial thinking. *Second Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*, 843-908.
- Ertmer, P. A. (2005). Teacher pedagogical beliefs: The final frontier in our quest for technology integration. *Educational Technology Research and Development*, 53(4), 25-39.
- Gutiérrez, A. (1996). Visualization in 3-dimensional geometry: In search of a framework. Dalam *Proceedings of the 20th PME conference* (Vol. 1, pp. 3-19).
- Kaharuddin, A. (2024). Pengembangan Media Hologram 3D Berbasis TPCK-S untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains [Unpublished doctoral dissertation]. Universitas Negeri Makassar.
- Kaharuddin, A., & Arsyad, N. (2023a). The Influence of Using 3D Holographic Media on Student Engagement in Learning Geometry. *International Journal of Scientific Research and Management (IJSRM)*, 11(11), 5438-5443.
- Kaharuddin, A., & Nurdin Arsyad, D. A. (2023). 3d hologram as scientific tool in geometry educational. *Learning*.

- Kaharuddin, A., Arsyad, N., & Asdar. (2023b). Kemampuan Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) Guru Matematika Menggunakan Media Hologram 3D. *Seminar Nasional Ilmu Pendidikan Ke-2 FKIP Universitas Lampung*, 384-388.
- Kaharuddin, A. (2023). *Himalayan Journal of Education and Literature*.
- Kaharuddin, A., Arsyad, N., & Asdar, M. P. (2023). *Media Hologram 3D dalam Pembelajaran Geometri untuk meningkatkan keterampilan proses sains*. Pustaka Learning.
- Kaharuddin, A., Al Alim, Z. F., Hajar, S., Fadli, M., Janna, M., Mulyati, & Angriawan, T. (2025, forthcoming). Pemberdayaan Mitra Melalui Diskusi Terpumpun untuk Menjajaki Kesenjangan Media Ajar 2D dan Solusi Inovatif 3D. *Madaniya*, 6(4).
- Kaharuddin, A., García, J. G., Magfirah, I., & Yulismayanti, Y. (2025). Validating a TPCK-S Instrument for Hologram-Based Mathematics Teaching. *Indonesian Journal on Learning and Advanced Education (IJOLAE)*.
- Kaharuddin, A., Salmawati, Syam, N., Sukmawati, & Umar. (2025). Pemberdayaan Guru: Pelatihan Hologram 3D Tingkatkan Self-Efficacy sebagai Fondasi TPCK-S. *Madaniya*, Vol. 6, No. 4, November 2025.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.
- Mullis, I. V., Martin, M. O., & von Davier, M. (2021). TIMSS 2023 Assessment Frameworks. *International Association for the Evaluation of Educational Achievement*.
- Pittalis, M., & Christou, C. (2010). A new model for 3D geometry thinking. *Proceedings of the 34th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, 4, 1-8.
- Revisika, R., Indriyani, D., Maturahmah, E., & Aristanto, A. (2025). Peningkatan Kapasitas Literasi Membaca Pemahaman dan Numerasi di SD Inpres 62 Asai melalui Program Kampus Mengajar Angkatan VII. *TONGKONAN: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(1), 12-19.
- Roslan, R. K., & Ahmad, A. (2017). 3D spatial visualisation skills training application for school students using hologram pyramid. *JOIV: International Journal on Informatics Visualization*, 1(4), 170-174.
- Tondeur, J., van Braak, J., Ertmer, P. A., & Ottenbreit-Leftwich, A. (2017). Understanding the relationship between teachers' pedagogical beliefs and technology use in education: a systematic review of qualitative evidence. *Educational Technology Research and Development*, 65(3), 555-575.
- Voogt, J., Fisser, P., Roblin, N. P., Tondeur, J., & van Braak, J. (2013). Technological pedagogical content knowledge-a review of the literature. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29(2), 109-121.
- Yoo, H., Jang, J., Oh, H., & Park, I. (2022). The potentials and trends of holography in education: A scoping review. *Computers & Education*, 189, 104533.
- Yoon, S. A., & Wang, J. (2014). Making the invisible visible in science museums through augmented reality devices. *Tech Trends*, 58(3), 49-55.
- Zimmerman, M. A. (1995). Psychological empowerment: Issues and illustrations. *American Journal of Community Psychology*, 23(5), 581-599.