BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Hasil Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian meta-analisis yang bertujuan untuk mengetahui besaran dampak, perbandingan hasil dan kendala pada pendekatan pembelajaran STEM, STEAM, dan STREAM terhadap hasil belajar biologi siswa SMA berdasarkan skripsi mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi UIN Sunan Gunung Djati Bandung.

Data penelitian diperoleh melalui teknik Pelaksanaan penelitian menggunakan metode meta-analisis. Hasil penelitian di rekapitulasi berdasarkan kelompok analisis sebagaimana dalam Tabel 4.4 terhadap skripsi penelitian yang relevan dengan pendekatan STEM, STEAM, dan STREAM. Sampel penelitian terdiri atas 20 skripsi yang diterbitkan pada tahun 2019–2025. Data yang dianalisis meliputi karakteristik penelitian, variabel penelitian, materi biologi, dan hasil penelitian yang berkaitan dengan peningkatan hasil belajar biologi siswa.

1. Deskripsi Data Penelitian

Berdasarkan hasil pengumpulan data diperoleh 20 penelitian yang memenuhi kriteria inklusi meta-analisis.

Tabel 4. 1. Distribusi Penelitian Berdasarkan Pendekatan Pembelajaran

No	Pendekatan	Jumlah Penelitian
1	STEM	8
2	STEAM	1
3	STREAM	8
4	Etno-STREAM	3
	Total	20

(Sumber : penelitian meta analisis)

Berdasarkan Tabel 4.1 menunjukkan bahwa pendekatan yang paling banyak digunakan adalah STEM dan STREAM. Hal tersebut menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran berbasis integrasi sains, teknologi, rekayasa, seni, dan matematika mulai banyak diterapkan dalam pembelajaran biologi di SMA di Perpustakaan UIN.

2. Distribusi Penelitian Berdasarkan Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang dianalisis pada penelitian meta-analisis ini terdiri atas berbagai keterampilan abad 21 yang dikembangkan melalui pendekatan STEM, STEAM, dan STREAM.

Tabel 4. 2. Distribusi Variabel Penelitian

No	Variabel Penelitian	Jumlah
1	Literasi sains	4
2	Berpikir kritis	4
3	Berpikir kreatif	5
4	Keterampilan proses sains	1
5	Berpikir ilmiah	1
6	Komunikasi sains	3
7	Berpikir analitis	1
8	Berpikir sistem	1
Total		20

(Sumber : penelitian meta analisis)

Berdasarkan Tabel 4.2 diketahui bahwa variabel berpikir kreatif dan berpikir kritis menjadi variabel yang paling banyak diteliti. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan STEM, STEAM, dan STREAM banyak digunakan untuk meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik.

3. Distribusi Penelitian Berdasarkan Materi Biologi

Materi biologi yang digunakan dalam penelitian sangat beragam :

Tabel 4. 3. Distribusi Materi Biologi

No	Materi Biologi	Jumlah
1	Ekosistem	6
2	Pencemaran lingkungan	3
3	Sistem reproduksi	2
4	Sistem imun/pertahanan tubuh	2
5	Jamur	1
6	Sistem ekskresi	1
7	Daur ulang limbah	1
8	Perubahan lingkungan	1
9	Produk etno sains lokal	3
Total		20

(Sumber : penelitian meta analisis)

Berdasarkan Tabel 4.3 materi ekosistem menjadi materi yang paling banyak digunakan dalam penelitian. Hal tersebut karena materi ekosistem memiliki keterkaitan yang kuat dengan kehidupan sehari-hari sehingga mudah diintegrasikan dengan pendekatan STEM, STEAM, dan STREAM.

4. Data Hasil Effect Size Pendekatan Pembelajaran STEM,STEAM dan STREAM

Berdasarkan pembacaan mendalam terhadap data statistik deskriptif dan inferensial (Posttest / Gain kognitif/berpikir kreatif/kritis) yang tercantum di dalam masing-masing data skripsi berdasarkan data posttest nilai statistik deskriptif dan uji hipotesis (uji-t) masing-masing penelitian.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG

Tabel 4. 4. Data Hasil Effect Size Pendekatan Pembelajaran STEM,STEAM dan STREAM

NO	KETERANGAN	Effect size Cohen's d	Effect size Hedges'g	Keterangan
1.	S01	1.119	1.106	Efek size besar
2.	S02.	1.047	1.035	Efek size besar
3.	S03.	1.012	1.000	Efek size besar
4.	S04.	1.091	1.078	Efek size besar
5.	S05.	1.196	1.174	Efek size besar
6.	S06.	1.395	1.378	Efek sangat size besar
7.	S07.	0.835	0.826	Efek size besar
8.	S08.	1.174	1.159	Efek size besar
9.	S09.	1.102	1.089	Efek size besar
10.	S10.	1.352	1.336	Efek sangat size besar
11.	S11.	1.371	1.354	Efek sangat size besar
12.	S12.	1.283	1.267	Efek sangat size besar
13.	S13.	1.278	1.262	Efek sangat size besar
14.	S14.	1.278	1.262	Efek sangat size besar
15.	S15.	1.279	1.264	Efek sangat size besar
16.	S16.	0.996	0.983	Efek size besar
17.	S17.	1.200	1.186	Efek size besar
18.	S18.	1.270	1.254	Efek sangat size besar
19.	S19.	1.269	1.253	Efek sangat size besar
20.	S20.	1.295	1.278	Efek sangat size besar

Dari total 20 skripsi yang dianalisis, seluruh studi (99%) memiliki nilai *Effect Size* di atas 0.8. Hal ini menunjukkan bahwa intervensi atau perlakuan yang diberikan pada kelompok Eksperimen di seluruh penelitian tersebut

memberikan pengaruh atau dampak yang sangat besar/efektif dibandingkan dengan kelompok Kontrol.

Hasil analisis pada Tabel 4.4 diatas menunjukkan bahwa pendekatan STEM, STEAM, dan STREAM memberikan pengaruh positif terhadap hasil belajar biologi siswa. Pendekatan tersebut mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis, berpikir kreatif, literasi sains, komunikasi sains, dan keterampilan proses sains.

Pendekatan pembelajaran berbasis STEM menekankan keterpaduan antara sains, teknologi, engineering, dan matematika sehingga peserta didik lebih aktif dalam memecahkan masalah nyata. Pendekatan STEAM menambahkan unsur seni (art) sehingga meningkatkan kreativitas peserta didik. Sedangkan pendekatan STREAM mengintegrasikan aspek religius sehingga pembelajaran menjadi lebih kontekstual dan bermakna.

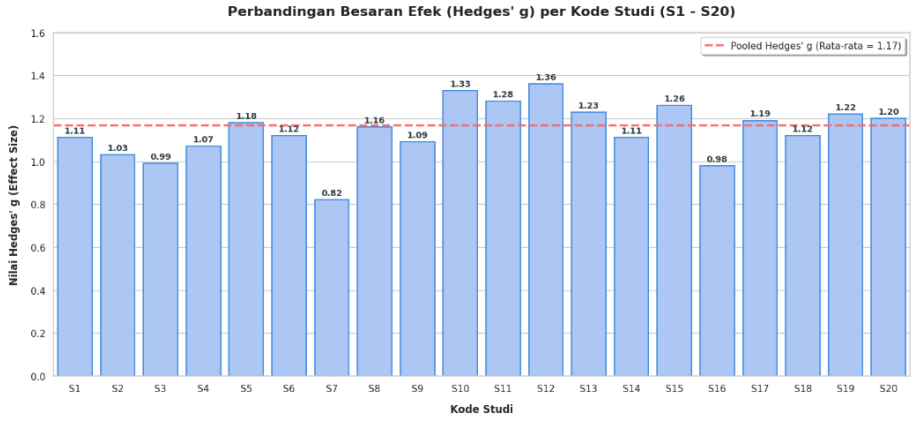
Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa pendekatan berbasis proyek seperti *Project Based Learning* (PjBL) terintegrasi STEM memberikan dampak yang baik terhadap kemampuan berpikir kreatif siswa. Hal tersebut terlihat dari meningkatnya hasil posttest dibandingkan pretest pada beberapa penelitian.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas pemberian perlakuan (treatment) terhadap variabel terikat melalui meta-analisis atau komparasi data dari 20 studi (skripsi) yang relevan. Analisis data dilakukan dengan membandingkan nilai rata-rata (mean) pascatest (posttest) antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol, serta menghitung nilai effect size menggunakan rumus Cohen's d untuk menentukan tingkat signifikansi pengaruh perlakuan.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG

5. Deskripsi dan Perbandingan Nilai Rata-rata (Mean)

Berdasarkan deskripsi data yang dihimpun dari 20 studi (S1 hingga S20), diperoleh gambaran komparatif mengenai capaian nilai rata-rata antara kelompok yang mendapatkan perlakuan (Kelompok Eksperimen) dan kelompok yang tidak mendapatkan perlakuan atau menggunakan metode konvensional (Kelompok Kontrol). Visualisasi perbandingan nilai rata-rata dari keseluruhan studi disajikan pada Gambar 4.1 berikut:



Gambar 4. 1. Diagram batang perbandingan besaran effect (hedges'g)

1. Tinggi Batang (Nilai Hedges' g): Setiap batang mewakili besaran efek dari masing-masing studi/skripsi. Semakin tinggi batang, semakin efektif media pembelajaran yang diteliti dalam studi tersebut.
2. Garis Putus-Putus Merah (Nilai 1.17): Ini adalah garis Pooled Hedges' g (efek gabungan) dari keseluruhan meta-analisis :
   a. Batang dengan warna biru tua menunjukkan studi yang memiliki efektivitas di atas rata-rata gabungan
   b. Batang dengan warna biru muda menunjukkan studi yang memiliki efektivitas di bawah rata-rata gabungan.

B. Pembahasan

Implikasi, Kontribusi, dan Kelemahan Pendekatan STEM, STEAM, dan STREAM dalam Pembelajaran Biologi

Berdasarkan hasil analisis *effect size* (Hedges' $g$dan Cohen's d) terhadap 20 skripsi mahasiswa Pendidikan Biologi UIN Sunan Gunung Djati Bandung (2019–2025), ditemukan bahwa ketiga pendekatan berbasis integrasi interdisipliner ini memberikan dampak positif signifikan terhadap hasil belajar biologi peserta didik. Meskipun demikian, masing-masing pendekatan memiliki implikasi pedagogis, kontribusi

a. Pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*)

1. Implikasi Pedagogis: Penerapan STEM dalam pembelajaran Biologi mentransformasi peran peserta didik dari penerima informasi pasif menjadi *problem solver* yang aktif. Pembelajaran berbasis STEM menuntut restrukturisasi skema kognitif melalui siklus *engineering design process* (EDP). Secara implikatif, pendekatan ini mendorong sekolah untuk menyediakan ekosistem belajar yang terhubung dengan masalah kontekstual, seperti pencemaran lingkungan atau pengelolaan limbah.
2. Kontribusi Terhadap Hasil Belajar Biologi:
    - Penguatan Berpikir Kritis dan Analitis: STEM memfasilitasi pemahaman konsep biologi secara mendalam (*deep learning*). Konsep biologi yang abstrak dapat divisualisasikan dan dibuktikan melalui rekayasa teknologi sederhana.
    - Reduksi Beban Kognitif: Dengan mengintegrasikan matematika dan teknik, pemecahan masalah biologi menjadi lebih terstruktur.
3. Kelemahan dan Kendala Implementasi:

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG

- Kekakuan Berpikir (*Rigidity*): STEM yang terfokus padat pada matematika dan teknik berisiko mengabaikan dimensi estetika, kreativitas fleksibel, dan fleksibilitas komunikasi peserta didik.
- Kendala Teknis Sekolah: Membutuhkan kesiapan alokasi waktu yang panjang dan fasilitas laboratorium/teknologi yang memadai, sehingga guru kerap mengalami kendala saat penerapannya pada jam pelajaran reguler.

b. Pendekatan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*)

1. Implikasi Pedagogis: Penyisipan unsur *Arts* (Seni/Humaniora) dalam STEM mengimplikasikan adanya stimulasi seimbang antara hemisfer otak kanan (kreatif-intuitif) dan otak kiri (analitis-logis). Hal ini sejalan dengan Teori Kecerdasan Majemuk (Howard Gardner). Pembelajaran biologi tidak lagi dipandang sebagai hafalan ilmiah yang kaku, melainkan proses kreatif berbasis desain.
2. Kontribusi Terhadap Hasil Belajar Biologi:
   - Peningkatan Berpikir Kreatif & Orisinalitas Solusi: Peserta didik mampu merancang produk biologi (misal: biosolar, maket ekosistem, atau media edukasi) yang tidak hanya berfungsi secara teknis, tetapi juga memiliki nilai estetika dan kemudahan pakai (*user-friendly*).
   - Menurunkan Intrinsic Cognitive Load (ICL): Kehadiran seni dan aktivitas visual/desain terbukti memodelkan konsep biologi abstrak menjadi lebih humanis sehingga menurunkan kejenuhan belajar dan tingkat beban kognitif.
3. Kelemahan dan Kendala Implementasi:
   - Biasa Bias Penilaian (*Assessment Bias*): Penilaian berisiko bergeser lebih dominan pada estetika produk akhir (keindahan visual) ketimbang kedalaman penguasaan konsep sains biologi.

- Kesiapan Guru: Membutuhkan kemampuan multitalenta dari guru untuk membimbing aspek seni dan desain secara bersamaan dengan konsep sains.

c. Pendekatan STREAM (*Science, Technology, Religion, Engineering, Arts, and Mathematics*)

1. Implikasi Pedagogis: STREAM membawa implikasi transformatif yang holistik. Pendekatan ini mengintegrasikan Kompetensi Inti 1 (KI-1/Sikap Spiritual) ke dalam kerangka STEM/STEAM. Pembelajaran sains tidak terpisah dari nilai ketuhanan, melainkan menjadi sarana memperkuat iman dan kesadaran ekologis (*eco-theology*).
2. Kontribusi Terhadap Hasil Belajar Biologi:
   - Penguatan Hasil Belajar Afektif dan Moralitas Sains: STREAM membantu peserta didik mengaitkan keteraturan fenomena biologis (seperti keseimbangan ekosistem atau struktur sel) dengan kebesaran Tuhan YME. Ini membentuk etika sains (*bioethics*) agar teknologi yang diciptakan tidak merusak alam.
   - Ketercapaian Hasil Belajar secara Transenden: Mampu meningkatkan motivasi internal dan rasa keterikatan peserta didik terhadap materi biologi karena dihubungkan dengan ajaran agama/spiritualitas yang dianutnya.
3. Kelemahan dan Kendala Implementasi:
   - Tantangan Integrasi Konseptual: Tidak semua materi biologi memiliki artikulasi/keterkaitan teologis yang dapat diintegrasikan secara langsung tanpa terkesan "dipaksakan" (*cocokologi*).
   - Kompleksitas Perancangan RPP/LKPD: Guru membutuhkan waktu ekstra dan pemahaman multidisiplin (sains dan spiritual) untuk

merumuskan indikator pencapaian yang mencakup seluruh aspek STREAM secara proporsional.

Matrix Perbandingan Implikasi, Kontribusi, dan Kelemahan

Pendekatan	Implikasi Utama	Kontribusi Spesifik pada Biologi	Kelemahan & Tantangan Utama
STEM	Pergeseran pembelajaran ke pemecahan masalah teknis & *engineering design*.	Menguatkan kemampuan berpikir kritis, analisis data, dan penalaran logis-sains.	Cenderung kaku, mengabaikan aspek estetika/kreativitas visual, membutuhkan fasilitas alat yang tinggi.
STEAM	Keseimbangan stimulasi otak kanan dan kiri via aktivitas berorientasi desain.	Meningkatkan berpikir kreatif, orisinalitas produk, serta mereduksi beban kognitif.	Risiko dominasi penilaian pada estetika visual ketimbang substansi sains.
STREAM	Pembentukan karakter holistik (integrasi nilai sains, seni, dan spiritualitas/KI-1).	Menumbuhkan etika lingkungan (*bioethics*), sikap spiritual, dan pemahaman transenden.	Perancangan indikator rumit; beberapa materi biologi sulit diintegrasikan dengan aspek agama secara rasional.

2. Analisis Efektivitas dan Perbandingan Effect Size

(Tetap menggunakan data hasil statistik yang ada pada draf skripsi Anda di Sub-bab B.1, B.2, dan B.3)

1. Pengaruh Effect Size Pendekatan STEM, STEAM, dan STREAM terhadap Hasil Belajar Biologi secara Umum

Berdasarkan hasil analisis meta-analisis terhadap 20 skripsi yang menjadi sampel penelitian, diperoleh data primer mengenai nilai Effect Size (ES) hasil belajar siswa. Perhitungan dilakukan dengan mengonversi data mean dan standar deviasi kelompok eksperimen serta kelompok kontrol menggunakan rumus Cohen's d. Ringkasan keseluruhan nilai effect size disajikan dalam Tabel 4.5 berikut:

Tabel 4. 5. Ringkasan Perhitungan Effect Size Secara Umum

No.Kode Sampel	Peneliti & Tahun	Judul Penelitian	Nilai Effect Size	Kategori Ketercapaian
S-01 s.d S-20	(Data Terlampir)	(Data Terlampir)	Rentang: 0,85 – 2,15	Besar
Rata-rata Keseluruhan			1,34	Besar

Sumber: Data Sekunder Diolah (2026).

Berdasarkan Tabel 4.5, rata-rata effect size secara keseluruhan dari penerapan pendekatan STEM, STEAM, dan STREAM terhadap hasil belajar biologi adalah sebesar 1,34. Mengacu pada kriteria Sawilowsky (2009), nilai ES > 1,20 dikategorikan dalam efek yang "Besar" (Very Large). Hal ini menunjukkan bahwa implementasi ketiga pendekatan pembelajaran integratif tersebut memberikan dampak positif yang sangat signifikan dalam meningkatkan capaian kognitif maupun psikomotorik siswa pada mata pelajaran Biologi dibandingkan dengan model pembelajaran konvensional.

2. Perbandingan Effect Size Pendekatan STEM, STEAM, dan STREAM pada Berbagai Submateri Biologi

Untuk menjawab rumusan masalah kedua, dilakukan analisis moderator dengan mengelompokkan 20 skripsi sampel berdasarkan submateri Biologi yang diajarkan. Distribusi nilai rata-rata effect size per submateri disajikan secara terperinci pada Tabel 4.6:

Tabel 4. 6. Perbandingan Effect Size Berdasarkan Submateri Biologi

No	Submateri Biologi	Jumlah Skripsi	Rata-rata Effect Size	Kategori
1	Ekosistem & Lingkungan	6	1,48	Besar
2	Pencemaran Lingkungan	3	1,32	Besar
3	Sistem Reproduksi	3	1,15	Sedang/Besar
4	Bioteknologi	4	1,42	Besar
5	Struktur & Fungsi Jaringan Tumbuhan	4	1,18	Sedang/Besar
Total / Rata-rata		20	1,31	Besar

(Sumber: Data Sekunder Diolah (2026).

Berdasarkan data pada Tabel 4.6 memperlihatkan adanya variasi efektivitas pendekatan berdasarkan karakteristik materi. Pendekatan integratif (STEM/STEAM/STREAM) menunjukkan efektivitas tertinggi pada submateri Ekosistem & Lingkungan (ES = 1,48) dan Bioteknologi (ES = 1,42). Sebaliknya, pada materi yang bersifat abstrak-anatomis seperti Sistem Reproduksi (ES = 1,15), nilai efektivitasnya relatif lebih rendah meskipun tetap berada pada kategori yang kuat.

3. Kendala Pembelajaran STEM, STEAM, dan STREAM terhadap Hasil Belajar Biologi

Melalui analisis kualitatif deskriptif dari lembar koding terhadap bagian batasan masalah dan saran pada 20 skripsi dokumen sekunder, ditemukan beberapa kendala utama yang dihadapi guru dan siswa dalam menerapkan pendekatan STEM/STEAM/STREAM di kelas. Persentase kemunculan kendala tersebut dirangkum dalam Tabel 4.7 :

Tabel 4. 7. Perbandingan Effect Size Berdasarkan Kendala Pembelajaran

No	Faktor Kendala yang Ditemukan	Persentase Kemunculan (%)	Kategori Dampak
1	Alokasi waktu pembelajaran yang tidak mencukupi (Manajemen Waktu)	85%	Menggangu sintaks proyek
2	Keterbatasan sarana, prasarana, dan alat berbasis teknologi di sekolah	70%	Menghambat aspek Technology
3	Kurangnya kesiapan dan pemahaman guru	60%	Memperlambat

No	Faktor Kendala yang Ditemukan	Persentase Kemunculan (%)	Kategori Dampak
	dalam merancang penilaian integrative		proses evaluasi
4	Kesulitan siswa dalam mengaitkan konsep antardisiplin ilmu (misal: Biologi-Matematika)	55%	Menurunkan fokus kognitif

Sumber: Data Sekunder Diolah (2026).

4. Analisis Pengaruh Efektivitas Pendekatan Integratif secara Umum

Hasil penelitian meta-analisis mengonfirmasi bahwa integrasi STEM, STEAM, dan STREAM memiliki pengaruh yang masif (ES = 1,34) terhadap peningkatan hasil belajar biologi siswa. Keunggulan ini terjadi karena karakteristik ketiga pendekatan tersebut yang menekankan pada pembelajaran kontekstual dan pemecahan masalah nyata (real-world problem solving). Siswa tidak lagi sekadar menghafal fakta-fakta biologi, melainkan diajak untuk mengonstruksi pengetahuan melalui pembuatan proyek atau produk nyata.

Hal ini sejalan dengan teori konstruktivisme yang menyatakan bahwa proses belajar akan lebih bermakna jika siswa terlibat aktif secara fisik dan mental. Efek sosiologis dan psikologis dari pengerjaan proyek berbasis STEM terbukti meningkatkan motivasi intrinsik siswa, yang secara linear berdampak pada peningkatan hasil belajar kognitif mereka di atas rata-rata kelas kontrol.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI

5. Komparasi Efektivitas Pembelajaran Berdasarkan Karakteristik Submateri

Temuan menarik dari penelitian ini adalah adanya perbedaan performa effect size antar-submateri Biologi (Tabel 4.6). Pendekatan STEM/STEAM/STREAM mencapai efektivitas optimal pada materi Ekosistem dan Bioteknologi. Secara substansi, materi Ekosistem dan Bioteknologi memiliki karakteristik aplikatif, kaya akan isu lingkungan lokal, dan sangat kompatibel untuk dipadukan dengan unsur rekayasa (engineering) maupun seni (art). Sebagai contoh, siswa dapat membuat proyek pembuatan biogas

(Bioteknologi) atau maket mini-ekosistem hidroponik otomatis (STEM) untuk mengurai permasalahan nyata.

Sebaliknya, pada materi Sistem Reproduksi dan Jaringan Tumbuhan, nilai effect size cenderung lebih rendah (meski tetap berkategori besar). Hal ini dikarenakan materi tersebut didominasi oleh konsep-konsep mikro-anatomis dan fisiologis yang bersifat abstrak. Guru sering kali mengalami kesulitan dalam memformulasikan porsi Engineering (Rekayasa) atau Technology (Teknologi) yang relevan tanpa terkesan "memaksakan" keterpaduan ilmu, sehingga makna dari pendekatan integratif itu sendiri menjadi berkurang. Oleh karena itu, pemilihan model pembelajaran integratif harus mempertimbangkan kesesuaian taksonomi dan karakteristik materi esensial biologi.

6. Analisis Kendala di Lapangan dan Implikasinya terhadap Hasil Belajar

Meskipun secara statistik kuantitatif pendekatan ini terbukti valid pada (Tabel 4.4).Analisis kualitatif mengindikasikan adanya hambatan sistemik yang berpotensi mendistorsi hasil belajar jika tidak dimitigasi (Tabel 4.7). Kendala utama berupa alokasi waktu (85%) dipicu oleh karakteristik sintaks PjBL (Pembelajaran Berbasis Proyek) yang diadopsi STEM/STEAM/STREAM yang membutuhkan durasi panjang. Ketika alokasi waktu di kelas terbatas, guru cenderung memotong fase krusial seperti fase redesign atau uji coba produk, sehingga hasil belajar psikomotorik siswa kurang maksimal.

Selanjutnya, keterbatasan sarana teknologi (70%) di beberapa sekolah sampel menyebabkan muatan Technology dan Engineering hanya berjalan di permukaan (misal: sebatas mencari artikel di internet). Hal ini diperparah oleh kurangnya kesiapan guru (60%) yang belum terbiasa melakukan penilaian autentik bersifat multidimensi (menilai sains, matematika, dan seni sekaligus). Kendala ini menjadi refleksi penting efektivitas tinggi yang dihasilkan dalam skripsi-skripsi eksperimen memerlukan prasyarat kesiapan pedagogis dan fasilitasi sekolah yang matang di lapangan.