MATHE*dunesa*
Homepage: https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/mathedunesa/index
Email: mathedunesa@unesa.ac.id
p-ISSN: 2301-9085; e-ISSN: 2685-7855
Vol. 16 No. 1 Tahun 2027
Halaman 311-326

Karakteristik Adaptif dan Integrasi STEM pada LKPD Matematika Hasil Pelatihan Guru SMP di Kabupaten Jombang

Ika Kurniasari[1*], Susanah[2] , Evangelista Lus Windyana Palupi[3], Yulia Izza El Milla[4], Rahmawati Erma Standsyah[5], Khoirul Anam[6]

[1,2,3,4]Program Studi Pendidikan Matematika, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia
[5]Program Studi Matematika, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia
[6]SMP Negeri 1 Gudo, Jombang, Indonesia

DOI: https://doi.org/10.26740/mathedunesa.v16n1.p311-326

Article History:
Received: 23 November 2026
Revised: 27 November 2026
Accepted: 27 November 2026
Published: 27 November 2026

Keywords:
adaptive features; STEM integration; mathematics worksheets; content analysis; teacher-designed materials

***Corresponding author:**
ikakurniasari@unesa.ac.id

Abstract: This study examines 25 mathematics worksheets individually developed by lower-secondary school teachers during a workshop on adaptive STEM worksheet design in Jombang Regency, Indonesia. Directed content analysis used six adaptive and six STEM indicators. The opening section of one worksheet was unavailable, leaving the basis for adaptation and variation in task challenge indeterminable for that document. All worksheets included meaningful representations and a functional use of mathematics. Ten worksheets linked initial information to task or support options and stated rules for their use. Five of 24 assessable worksheets varied task demands, and three linked testing evidence to design improvement. Under the initial coding criteria, the basis for adaptation, rules for using it, and testing that informed improvement did not occur together in any worksheet. The findings point to two priorities for worksheet design: using evidence of mathematical readiness to guide support and connecting test results to explicit revision instructions.

PENDAHULUAN

Lembar kerja peserta didik (LKPD) matematika dapat memberi siswa cara untuk mengakses masalah, menggunakan representasi, dan menguji solusi. Akan tetapi, penelitian tentang integrasi STEM telah mendokumentasikan hambatan yang dihadapi guru dalam menghubungkan disiplin dan menerapkan rancangan terpadu (Wang et al., 2011; Margot & Kettler, 2019). Pada rancangan pembelajaran guru, Nipyrakis et al. (2025) menelaah bagaimana integrasi diwujudkan melalui hubungan antardisiplin. Kajian diferensiasi di pendidikan menengah juga menemukan keragaman dalam cara diferensiasi didefinisikan dan diterapkan (Smale-Jacobse et al., 2019). Temuan tersebut mendasari perlunya memeriksa instruksi dalam LKPD secara langsung, khususnya apakah dokumen menyediakan dukungan yang terkait dengan informasi tentang siswa dan apakah kegiatan STEM menghubungkan pengetahuan dengan keputusan rancangan.

Literatur STEM terpadu menempatkan masalah autentik, penyelidikan, desain, dan penggunaan pengetahuan lintas disiplin sebagai unsur penting pembelajaran (Kelley &

Knowles, 2016; Thibaut et al., 2018). English (2016) dan Li dan Schoenfeld (2019) menekankan bahwa fungsi matematika perlu diperiksa secara eksplisit. Pada LKPD perhitungan volume dapat menentukan pilihan rancangan jika hasilnya dipakai untuk menilai kapasitas. Jika perhitungan berhenti pada lembar jawaban, hubungan antara matematika dan keputusan desain belum terlihat. Pembedaan tersebut sejalan dengan analisis koherensi kurikulum STEM oleh Roehrig, Dare, Ring-Whalen, dan Wieselmann (2021).

Kajian adaptasi pengajaran menekankan hubungan antara informasi tentang siswa dan respons instruksional (Parsons et al., 2018; van Geel et al., 2019). Pada pendidikan menengah, Smale-Jacobse et al. (2019) juga menekankan perlunya definisi diferensiasi yang jelas untuk menafsirkan bukti. Pada tingkat dokumen, hubungan ini dapat diperiksa melalui petunjuk yang mengaitkan informasi awal dengan tugas atau bantuan tertentu. Ragam representasi dan bantuan tertulis dapat memperluas akses terhadap tugas (Ainsworth, 2006; van de Pol et al., 2010). Untuk menilai apakah dukungan itu responsif terhadap kebutuhan, analisis perlu memeriksa informasi yang menjadi dasar penyesuaian serta aturan penggunaannya.

Studi terdahulu telah menelaah persepsi dan hambatan guru dalam integrasi STEM (Margot & Kettler, 2019; Wang et al., 2011), rancangan pembelajaran guru lintas disiplin (Nipyrakis et al., 2025), serta kegiatan yang membantu guru belajar merancang kurikulum terpadu (Stevenson et al., 2026). Kajian tersebut memberi dasar untuk menelaah keputusan desain, tetapi menyisakan pertanyaan pada tingkat instruksi yang dibaca siswa: bagaimana LKPD matematika yang sama menghubungkan bukti kebutuhan belajar dengan pilihan bantuan, serta hasil pengujian dengan keputusan memperbaiki solusi? Pemetaan kedua hubungan pada dokumen yang sama diperlukan karena jumlah variasi media atau komponen STEM belum menunjukkan bagaimana siswa diarahkan untuk mengambil keputusan di setiap tahap.

Dalam penelitian ini, karakteristik adaptif merujuk pada kesempatan penyesuaian yang tertulis di LKPD. Interaksi antara guru dan bahan kurikulum dapat mengubah cara tugas dilaksanakan (Remillard, 2005). Dengan demikian, jumlah dokumen yang menyediakan bantuan menunjukkan cakupan bantuan tertulis, sedangkan pemilihan bantuan berdasarkan kesulitan aktual, pengurangan bantuan ketika siswa makin mandiri, dan hasil penggunaannya memerlukan bukti dari kelas. Sebaliknya, ketiadaan petunjuk tertulis tetap menyisakan kemungkinan bahwa guru melakukan penyesuaian secara lisan.

Analisis 25 LKPD matematika karya individual guru SMP dipandu oleh tiga pertanyaan. (1) Bagaimana informasi awal, dukungan, variasi tantangan, dan aturan penyesuaian dituliskan? (2) Bagaimana matematika berfungsi bersama unsur STEM lain dalam perancangan, pengujian, dan perbaikan solusi? (3) Bagaimana dasar penyesuaian, aturan tindakan, dan pengujian yang memandu perbaikan muncul bersama dalam satu LKPD? Kontribusi penelitian adalah menghubungkan dua keputusan yang biasanya dicatat

sebagai fitur terpisah, yaitu pemilihan bantuan berdasarkan informasi awal dan perubahan solusi berdasarkan hasil uji. Jejak instruksi memungkinkan pembaca melihat bagian yang sudah menyediakan dasar tindakan dan bagian yang masih memerlukan penghubung.

METODE

Penelitian menggunakan analisis isi dokumen secara terarah dengan dukungan statistik deskriptif. Pendekatan terarah dipilih karena kategori awal ditentukan dari fokus konseptual karakteristik adaptif dan integrasi STEM, kemudian diterapkan pada bukti aktivitas dalam dokumen. Hsieh dan Shannon (2005) menjelaskan penggunaan teori atau temuan terdahulu untuk memandu kategori awal dalam analisis isi terarah. Kerangka penelitian ini juga mengikuti perhatian analisis dokumen terhadap isi, konteks penggunaan, dan keterbatasan sumber tertulis (Bowen, 2009). Frekuensi kode digunakan untuk meringkas pola pada LKPD yang sama, bukan untuk menguji hubungan sebab akibat atau memperkirakan parameter populasi guru.

Korpus berasal dari program pengabdian kepada masyarakat Universitas Negeri Surabaya bersama MGMP Matematika SMP Kabupaten Jombang. Program berfokus pada perancangan LKPD matematika adaptif berbasis STEM. Lokakarya luring pada 25 Juli 2026 di SMP Negeri 1 Jombang dihadiri oleh 27 guru matematika SMP. Pendampingan daring pada 1 Agustus 2026 diikuti oleh 26 peserta. Kegiatan meliputi pemaparan materi, analisis contoh LKPD, pendampingan penyusunan, serta presentasi dan refleksi hasil rancangan (Kurniasari et al., 2026, Bab IV).

Unit pencatatan berupa tugas, petunjuk, tabel, rumus, ilustrasi bermakna, serta bagian evaluasi yang berkaitan dengan indikator. Seluruh halaman dalam paket diperiksa, termasuk infografis yang memuat langkah proyek dan tabel kunci jawaban yang membantu pemeriksaan ketepatan isi. Kunci untuk guru tidak diperlakukan sebagai bantuan siswa kecuali dokumen secara eksplisit menempatkannya sebagai dukungan yang dapat digunakan siswa. Jawaban tulisan tangan yang terdapat pada LKPD-18 dibedakan dari instruksi rancangan guru. Keberadaan jawaban tersebut tidak digunakan untuk menyimpulkan capaian siswa ataupun menambahkan fitur yang tidak tertulis dalam tugas.

Pengembangan pedoman dimulai dari dua ranah yang ditetapkan berdasarkan pertanyaan penelitian. Pada ranah adaptif, konsep asesmen formatif, diferensiasi, scaffolding, multirepresentasi, dan pedagogi inklusif diterjemahkan menjadi enam indikator A1–A6. Pada ranah STEM, kerangka integrasi dan koherensi kurikulum diterjemahkan menjadi lima indikator peran atau praktik STEM (S1–S5) dan satu indikator keterhubungan (S6). Setiap indikator dipasangkan dengan unit bukti yang dapat diamati, seperti hasil cek awal, aturan pemilihan bantuan, kriteria rancangan, atau instruksi yang merujuk pada hasil pengujian. Tabel 1 merinci hubungan setiap indikator dengan sumber teori dan bukti minimum untuk kode 2.

Tabel 1. Dasar Teoretis dan Bukti Operasional Indikator

Kode	Indikator	Bukti operasional (kode 2) dan dasar teori
A1	Informasi awal untuk penyesuaian	Informasi awal dihubungkan dengan pilihan tugas/dukungan. Catat apakah yang digunakan adalah bukti kesiapan atau preferensi format. Dasar: Black & Wiliam (2009); Parsons et al. (2018).
A2	Variasi tantangan tugas	Sedikitnya dua tuntutan berbeda untuk tujuan bersama. Dasar: Smale-Jacobse et al. (2019); van Geel et al. (2019).
A3	Bantuan bertahap	Petunjuk berurutan atau contoh parsial memberi dukungan untuk menyelesaikan tugas. Dasar: van de Pol et al. (2010).
A4	Alternatif representasi	Representasi lain membantu memahami gagasan yang sama atau tersedia petunjuk untuk membangunnya. Dasar: Ainsworth (2006).
A5	Alternatif respons	Pilihan respons meminta bukti pemahaman matematika yang sepadan. Dasar: Florian & Black-Hawkins (2011).
A6	Aturan penggunaan penyesuaian	Dokumen menyebut pemicu dan tindakan: kapan atau dalam kondisi apa siswa memakai dukungan atau jalur tertentu. Dasar: Black & Wiliam (2009); van Geel et al. (2019).
S1	Penggunaan sains	Konsep/data sains berfungsi dalam penjelasan atau keputusan. Dasar: Kelley & Knowles (2016).
S2	Penggunaan teknologi	Alat, teknik, atau aplikasi berfungsi pada tugas konkret. Dasar: Kelley & Knowles (2016).
S3	Perancangan solusi	Siswa merancang keluaran sesuai kriteria atau batasan yang diberikan. Dasar: Thibaut et al. (2018).
S4	Pengujian dan perbaikan	Hasil uji berbasis kriteria atau data dihubungkan dengan petunjuk perbaikan. Dasar: Thibaut et al. (2018).
S5	Peran matematika	Penalaran atau model matematika dipakai untuk menjelaskan, memeriksa, atau memilih solusi. Dasar: Li & Schoenfeld (2019).
S6	Keterhubungan fungsional minimum	Matematika dan sedikitnya satu unsur STEM lain digunakan bersama dalam satu aktivitas. Dasar: Roehrig, Dare, Ring-Whalen, dan Wieselmann (2021).

Pedoman ini merupakan perangkat analisis isi terarah yang disesuaikan dengan korpus. Kesesuaian teori dengan bukti dokumen memberi dasar konseptual bagi interpretasi. Naskah belum mendokumentasikan penelaahan ahli atas cakupan dan ketepatan indikator.

Pengodean dimulai dengan menelusuri bagian yang relevan dan memeriksa kelengkapannya. Kode 0 digunakan ketika bagian yang tersedia cukup untuk dinilai dan tidak memperlihatkan fitur. Kode 1 digunakan ketika fitur dirujuk atau baru terpenuhi sebagian, misalnya materi remedial disebut tanpa aktivitas yang dapat diperiksa. Kode 2 memerlukan sedikitnya satu aktivitas yang memenuhi batas indikator dan dapat dirujuk ke bagian atau halaman dokumen. TD digunakan bila bagian yang diperlukan hilang dan tidak ada bukti lain yang cukup untuk menilai indikator. Kode ditetapkan untuk setiap pasangan dokumen–indikator dan dibaca sebagai kategori bukti, tanpa penjumlahan menjadi skor mutu.

A1 menilai informasi awal yang menjadi dasar pilihan tugas atau dukungan. Cek pemahaman tanpa kaitan dengan pilihan mendapat kode 1. Dalam matriks awal, pemetaan preferensi format ke kegiatan juga memenuhi A1. Sumber bukti ini dibedakan dalam interpretasi dari soal diagnostik yang memberi informasi kesiapan matematika. A6 menilai keterlaksanaan aturan tertulis: pemicu dan tindakan harus dapat diidentifikasi, misalnya hasil cek awal mengarahkan siswa ke kotak bantuan. Anjuran memilih sesuai kemampuan tanpa petunjuk penggunaan hanya memenuhi kode 1. Satu instruksi dapat menjadi bukti bagi kedua indikator melalui dua unsur berbeda, yaitu informasi yang dikumpulkan dan tindakan yang dipicu.

Pada ranah STEM, penyebutan alat atau label disiplin belum memenuhi kode 2. S1 memerlukan penggunaan konsep atau data sains, sedangkan S2 memerlukan fungsi alat dalam aktivitas. S3 memerlukan solusi fisik atau konseptual dengan kriteria atau batasan. S4 memerlukan uji yang diikuti arahan memperbaiki solusi berdasarkan hasilnya. Pada S6, ambang matriks awal adalah penggunaan matematika bersama setidaknya satu unsur STEM lain dalam aktivitas yang sama. Prosedur verifikasi menggunakan kalkulator dapat melampaui ambang minimum ini. Keterhubungan yang lebih substantif tampak ketika data, konsep, atau kriteria dari unsur lain menentukan model, penjelasan, atau perubahan rancangan. Perbedaan tersebut dibahas secara kualitatif karena matriks awal belum mengodekan kedalaman hubungan secara terpisah.

Proses analisis mencakup penginventarisasian dokumen, pembacaan seluruh halaman, pencatatan bukti, pemberian kode, penulisan alasan, dan penyusunan matriks lintasproduk. Berkas PDF yang berupa gambar dibaca melalui tampilan halaman agar persamaan dan isi visual tidak hilang. Berkas Word dirender untuk memastikan letak tabel dan infografis; nomor halaman pada jejak bukti mengikuti hasil render tersebut. Untuk setiap pasangan produk dan indikator, matriks menyimpan kode, lokasi halaman, deskripsi bukti, dan alasan keputusan. Prosedur ini sejalan dengan perhatian Elo dan Kyngäs (2008) serta Graneheim dan Lundman (2004) terhadap keterkaitan unit makna, kategori, dan interpretasi, tanpa mengadopsi konteks substantif penelitian keperawatan mereka.

Subjektivitas keputusan dibatasi dengan menerapkan kategori yang sama pada setiap dokumen, mendasarkan kode pada bukti berlokasi, serta mencatat alasan ketika bukti baru memenuhi sebagian definisi. Misalnya, cek mandiri tanpa tautan ke tindak lanjut mendapat kode 1 untuk A1, sedangkan bahan tidak lengkap mendapat TD jika bukti yang tersedia belum cukup untuk menentukan kode. Jejak halaman, deskripsi bukti, dan memo keputusan memungkinkan pemeriksaan kembali (Elo et al., 2014). Naskah belum mendokumentasikan penelaahan ahli, pengodean independen, atau ukuran kesepakatan antarpengode. Karena itu, keterlacakan prosedur mendukung audit, sementara konsistensi antarpengode masih perlu diverifikasi (O'Connor & Joffe, 2020).

Frekuensi dihitung per indikator untuk kategori 0, 1, 2, dan TD. Persentase kode 2 diperoleh dengan membagi frekuensi kode 2 dengan jumlah produk yang dapat ditentukan untuk indikator yang sama, kemudian dikalikan 100. Penyebut A1 dan A2 adalah 24 karena

kedua indikator tersebut berkode TD pada LKPD-18. Penyebut sepuluh indikator lainnya adalah 25. LKPD-18 dimulai dari bagian diskusi dan tidak menyertakan bagian awal yang diperlukan untuk menilai dua indikator tersebut. Terdapat 300 pasangan produk-indikator, dengan 298 keputusan numerik dan dua TD. Tidak dilakukan imputasi, penjumlahan skor mutu, pengujian signifikansi, atau pengurutan kualitas produk.

Analisis lintasranah dilakukan melalui pembacaan bersama indikator yang berhubungan secara konseptual. A1, A2, dan A6 dipakai untuk memeriksa hubungan dasar kebutuhan, variasi tuntutan, dan aturan pemilihan. S3 dan S4 dibaca bersama untuk melihat hubungan perancangan dengan pengujian serta perbaikan. Persilangan tersebut digunakan sebagai pemeriksaan pola yang terlihat, tanpa membentuk indeks baru atau menetapkan ambang kompetensi. Memo kesalahan matematika dan ketidakselarasan instruksi dipakai untuk memperjelas keterbatasan makna kode 2. Angka frekuensi tidak dipakai untuk menyimpulkan bahwa suatu produk bebas kesalahan, efektif, atau telah dilaksanakan sesuai rancangan.

Pada pelaporan, LKPD dirujuk dengan kode dan nama siswa dihilangkan dari contoh. Jawaban siswa yang terlampir dipisahkan dari bukti rancangan dan tidak digunakan untuk menilai capaian. Berdasarkan informasi yang tersedia, status persetujuan guru untuk penggunaan sekunder LKPD, izin institusi, dan penelaahan etik belum dapat dipastikan. Cakupan izin perlu diperiksa untuk penggunaan produk dalam analisis dan publikasi, termasuk jika penulis bermaksud menampilkan cuplikan dokumen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dua puluh lima produk mencakup beragam materi, antara lain bilangan berpangkat, aljabar, sistem persamaan linear dua variabel, geometri, rasio, pecahan, aritmetika sosial, dan statistika. Konteks yang dipakai meliputi pertumbuhan tanaman, suhu, kemasan, pengelolaan sampah, minuman bertingkat, menu pangan, penjernihan air, dan transaksi koperasi atau kantin. Keragaman tersebut menyediakan bentuk hubungan matematika dengan persoalan sehari-hari yang berbeda. Namun, data tidak diperlakukan sebagai 25 intervensi pembelajaran. Unit yang dibandingkan adalah dokumen rancangan individual, sementara informasi implementasi, waktu pengerjaan siswa, maupun hasil belajar tidak tersedia secara seragam.

Berkas LKPD-18 yang tersedia dimulai pada bagian diskusi. Bagian awal yang diperlukan untuk menilai dasar penyesuaian (A1) dan variasi tantangan (A2) tidak tersedia. Penyebab hilangnya bagian awal tidak tercatat. Kedua indikator diberi kode TD dan penyebutnya menjadi 24, sedangkan bagian yang tersedia dapat dinilai untuk sepuluh indikator lain. Tabel 2 merangkum karakteristik adaptif dan Tabel 3 merangkum indikator STEM. Seluruh angka berasal dari pengodean awal.

Tabel 2. Distribusi Kode Karakteristik Adaptif

Indikator	0	1	2	TD	N	Kode 2 (%)
A1 Informasi awal untuk penyesuaian	6	8	10	1	24	41,7

Indikator	0	1	2	TD	N	Kode 2 (%)
A2 Variasi tantangan tugas	17	2	5	1	24	20,8
A3 Bantuan bertahap	1	5	19	0	25	76,0
A4 Alternatif representasi	0	0	25	0	25	100,0
A5 Alternatif respons	14	1	10	0	25	40,0
A6 Aturan penggunaan penyesuaian	6	9	10	0	25	40,0

Sumber: matriks pengodean awal 25 LKPD. Persentase kode 2 menggunakan N yang dapat ditentukan; TD tidak diperlakukan sebagai nol.

Tabel 3. Distribusi kode integrasi STEM

Indikator	0	1	2	TD	N	Kode 2 (%)
S1 Penggunaan sains	0	6	19	0	25	76,0
S2 Penggunaan teknologi	0	2	23	0	25	92,0
S3 Perancangan solusi	0	8	17	0	25	68,0
S4 Pengujian dan perbaikan	10	12	3	0	25	12,0
S5 Peran matematika	0	0	25	0	25	100,0
S6 Keterhubungan fungsional minimum	0	1	24	0	25	96,0

Sumber: matriks pengodean awal 25 LKPD. Persentase kode 2 menggunakan N yang dapat ditentukan; TD tidak diperlakukan sebagai nol.

Pembahasan mengikuti tiga pertanyaan penelitian. Bagian pertama menelaah bukti adaptif pada Tabel 2. Bagian kedua menafsirkan fungsi matematika, keterhubungan STEM, dan siklus desain pada Tabel 3–4. Bagian ketiga membahas pola kemunculan bersama indikator adaptif dan pengujian pada Tabel 5.

Karakteristik Adaptif LKPD

Representasi dan bantuan tersedia lebih luas daripada aturan penyesuaian

LKPD-20 menyajikan bagian piring, pecahan, tabel, serta model fisik atau digital. Gambar membantu siswa melihat hubungan bagian dengan keseluruhan. Agar perpindahan ke tabel dapat ditelusuri, petunjuk perlu menyatakan bagian gambar mana yang direpresentasikan oleh tiap pecahan dan besaran apa yang dicatat pada tabel. Pembagian luas gambar saja belum menetapkan proporsi massa atau energi makanan.

LKPD-17 memberi contoh hubungan yang lebih eksplisit: isian dan nilai variabel antara mengarahkan siswa dari informasi tentang komposisi menu menuju model matematika. Di sini, isian menunjukkan langkah yang menjembatani dua bentuk informasi. Pembedaan antara menyediakan beberapa bentuk dan membantu siswa berpindah dari satu bentuk ke bentuk lain mengikuti kerangka Ainsworth (2006). Kode A4 mencatat tersedianya representasi yang bermakna, sementara kejelasan petunjuk perpindahan ditelaah dari isi aktivitas.

Pada LKPD-24, contoh pembelahan pada dua interval pertama memberi titik awal sebelum siswa melengkapi pola. Contoh ini dan isian pada LKPD-17 menunjukkan bahwa bantuan dapat berupa langkah antara atau contoh parsial.

Meskipun demikian, A3 tidak identik dengan scaffolding kontingen yang lengkap. Sebagian bantuan diberikan kepada semua siswa, tanpa aturan kapan bantuan dikurangi atau diganti. Van de Pol et al. (2010) menjelaskan pentingnya respons terhadap kebutuhan, sementara Belland et al. (2017) menunjukkan potensi dukungan scaffolding dalam konteks pembelajaran STEM berbantuan komputer. Temuan penelitian ini berada pada tingkat yang lebih sempit: dukungan tertulis terlihat, tetapi kesesuaiannya dengan kesulitan aktual belum diuji. Oleh sebab itu, frekuensi A3 tidak dipakai untuk mengklaim bahwa 19 LKPD telah menghasilkan kemandirian atau memperbaiki capaian siswa.

Kesepuluh dokumen yang memenuhi A1 operasional juga memenuhi A6 operasional. Kesamaan ini perlu dibaca dengan mempertimbangkan sumber buktinya: satu petunjuk pemetaan dapat memenuhi keduanya. Kebanyakan contoh pemetaan didasarkan pada preferensi format. Karena itu, pola tersebut terutama menunjukkan keberadaan prosedur pemilihan yang tertulis. Bukti diagnosis kesiapan matematika perlu ditelusuri dari isi asesmen dan tindakan yang mengikutinya.

LKPD-16 memberikan contoh yang berbeda. Tiga soal awal dipakai untuk mengarahkan siswa ke kotak bantuan, tantangan utama, atau pengayaan. Pengayaan meminta penskalaan resep untuk jumlah dan ukuran gelas tertentu, sehingga tersedia perubahan tuntutan pada konsep rasio yang sama. A1, A2, dan A6 sama-sama mendapat kode 2 pada produk ini. Walaupun demikian, aturan level masih memiliki tumpang tindih antara dua sampai tiga jawaban benar dan semua jawaban benar dengan cepat. Kata cepat belum memiliki batas yang jelas. Kasus ini memperlihatkan bahwa kode operasional tetap dapat disertai kebutuhan penyempurnaan, khususnya pada konsistensi keputusan penempatan.

Pada produk lain, pengantar mengajak siswa mengenali diri atau memilih cara belajar, tetapi tidak selalu menyediakan tindak lanjut yang memadai. LKPD-23 memiliki cek mandiri tentang pemahaman harga beli dan harga jual tanpa hubungan eksplisit dengan bantuan atau tugas berbeda. LKPD-21 mencantumkan kegiatan visual, auditori, dan kinestetik tanpa cara penentuan jalur. Kedua kasus tersebut membantu menjelaskan mengapa asesmen awal dan variasi kegiatan perlu dibaca sebagai hubungan, bukan daftar komponen terpisah. Penalaran ini sejalan dengan Black dan Wiliam (2009): informasi asesmen menjadi bermakna bagi pembelajaran ketika digunakan untuk menentukan tindakan berikutnya.

Label level dan pilihan media belum selalu menunjukkan adaptasi kesiapan bantuan tersedia

LKPD-01, 05, 08, 14, dan 16 memuat variasi tuntutan operasional. Uji batas pada indikator ini adalah apakah siswa melakukan penalaran yang berbeda untuk tujuan yang

sama. Mengubah bilangan, konteks, atau media dapat menyediakan variasi pengalaman sambil mempertahankan tuntutan penalaran yang serupa.

LKPD-25 memperlihatkan alasan penting untuk memeriksa label level. Dokumen menyediakan tiga kelompok soal transaksi, tetapi semuanya meminta siswa menyusun dua persamaan untuk dua variabel dan menentukan harga satuan. Konteks serta koefisien berubah, sedangkan kenaikan tuntutannya belum tegas. Level kedua menghasilkan harga dalam kelipatan ratusan, sementara level ketiga kembali pada bilangan ribuan bulat. Sebutan pemanasan, penjelajah, dan ahli strategi karena itu belum cukup menjamin kenaikan kompleksitas. A2 diberi kode 1 untuk mengakui adanya variasi yang disebut dan disediakan, sekaligus mempertahankan batas bahwa perbedaan tuntutan harus dapat dijelaskan.

Pada LKPD-24, pengayaan dan remedial dirujuk sebagai modul yang dapat diminta kepada guru, tetapi paket tersebut tidak tersedia. Kasus ini juga berkode 1, dengan alasan yang berbeda dari LKPD-25. Pada kasus pertama, alternatif belum dapat dilihat; pada kasus kedua, alternatif tersedia tetapi tuntutannya belum terdiferensiasi secara jelas. Membedakan kedua alasan itu penting untuk tindak lanjut pelatihan. Guru pada kasus pertama memerlukan kelengkapan materi, sedangkan pada kasus kedua memerlukan penelaahan tuntutan kognitif. Satu angka kategori tidak boleh menggantikan pembacaan memo bukti yang menjelaskan sumber keterbatasan.

Temuan tersebut dapat dibaca bersama kajian diferensiasi oleh Smale-Jacobse et al. (2019) dan van Geel et al. (2019). Keduanya mengarahkan perhatian pada hubungan antara kebutuhan, tujuan, dan keputusan pengajaran. Dalam LKPD ini, rancangan berbasis preferensi menyediakan cara masuk yang beragam tetapi belum selalu menetapkan tindakan untuk siswa yang salah membaca skala, belum memahami satuan, atau kesulitan membangun persamaan. Dengan demikian, perbaikan yang diperlukan tidak harus menambah banyak jalur. Satu atau dua bantuan yang terkait dengan jenis kesalahan dapat menghasilkan aturan yang lebih jelas daripada tiga kategori media yang tidak dihubungkan dengan bukti penguasaan.

Pilihan eliminasi, substitusi, atau grafik pada LKPD-14 dan LKPD-25 dinilai sebagai alternatif untuk menyatakan solusi yang sama. Sebaliknya, pilihan benda yang dibuat dapat tetap menuntut sketsa, perhitungan, dan prototipe yang seragam. Kesepadanan A5 ditentukan oleh pemahaman matematika yang perlu ditunjukkan melalui setiap pilihan.

LKPD-21 menjadi kasus batas untuk kesepadanan. Tabel mode menawarkan poster dan diagram bagi jalur visual, presentasi bagi auditori, serta prototipe dan hasil uji bagi kinestetik. Keluaran tersebut belum tentu meminta bukti matematika yang setara. Karena itu, A5 mendapat kode 1, meskipun keberagaman formatnya nyata. Agar pilihan lebih dapat dibandingkan, semua format perlu mempertahankan tuntutan inti seperti tabel hasil, perhitungan persentase, dan alasan perubahan desain. Penafsiran ini sejalan dengan perhatian pedagogi inklusif terhadap perluasan partisipasi tanpa mengurangi kesempatan mempelajari gagasan yang sama (Florian & Black-Hawkins, 2011).

Penggunaan preferensi visual, audio, dan kinestetik juga perlu ditempatkan secara hati-hati. Kode 2 pada A1 atau A6 menunjukkan bahwa prosedur pemetaan tertulis tersedia, bukan bahwa pemetaan telah valid. Pashler et al. (2008) menjelaskan keterbatasan dasar empiris untuk klaim pencocokan gaya belajar. Karena itu, hasil penelitian ini tidak digunakan untuk menganjurkan pengelompokan tetap. Pilihan media dapat tetap dibuka bagi siswa, sementara keputusan bantuan matematika lebih baik dikaitkan dengan bukti pekerjaan, pengetahuan awal, atau kebutuhan akses yang nyata. Interpretasi tersebut mempertahankan manfaat fleksibilitas sekaligus membatasi klaim yang tidak diuji oleh data.

Fungsi matematika dan integrasi STEM

Matematika dan teknologi berfungsi luas tetapi kedalaman integrasi bervariasi

Perhitungan volume dan luas, rasio bahan, pemodelan harga melalui sistem persamaan, dan ringkasan statistika menunjukkan beragam fungsi matematika di dalam korpus. Perbedaan yang penting bagi interpretasi S5 adalah letak perhitungan dalam alur tugas. Perhitungan yang menjadi dasar pemilihan kapasitas memengaruhi keputusan rancangan, sedangkan perhitungan prediktif dapat berfungsi terutama untuk menjelaskan pola. Kasus konversi satuan pada LKPD-22 dibahas terpisah karena fungsi dan ketepatan matematis memerlukan bukti berbeda.

Pada proyek penjernihan air, gelas ukur dan stopwatch menyediakan data untuk membandingkan hasil. Pada penggunaan kalkulator untuk verifikasi, fungsi alat berkisar pada pemeriksaan hasil hitung. Keduanya dapat memenuhi S2, tetapi memberi peran berbeda pada teknologi dalam penalaran siswa.

Sebanyak 24 dari 25 LKPD (96%) memenuhi ambang awal S6, yaitu matematika digunakan bersama sedikitnya satu unsur STEM lain. Angka ini mengukur keterhubungan fungsional minimum. Seberapa dalam isi antardisiplin terintegrasi, termasuk apakah keempat disiplin berfungsi bersama, berada di luar cakupan ukuran tersebut. Kerangka koherensi Roehrig, Dare, Ring-Whalen, dan Wieselmann (2021) membantu membaca variasinya. Pada LKPD-21, data volume dan waktu memberi dasar untuk membandingkan kinerja penyaring. Pada tugas verifikasi dengan kalkulator, keterhubungan dapat terbatas pada pengecekan hasil hitung. LKPD-09 mendapat kode 1 karena unsur-unsurnya lebih banyak disajikan berdampingan.

Penggunaan sains operasional ditemukan pada 19 produk (76%), sedangkan enam produk berkode 1. Konteks biologi, bahan, lingkungan, dan pangan dapat menyediakan hubungan substantif ketika konsepnya digunakan menjelaskan data atau memilih solusi. Pada LKPD-22, keterbatasan fisik pelipatan kertas dibahas bersama pertumbuhan ketebalan. Pada LKPD-21, sifat media penyaring berhubungan dengan perubahan partikel dan kejernihan. Sebaliknya, pada LKPD-14 dan 25, bagian Science berisi hubungan jumlah barang, harga satuan, dan total pembayaran. Hubungan tersebut penting dalam matematika, tetapi belum menunjukkan penggunaan konsep sains alam. Pencatatan label tanpa membedakan fungsi akan memperbesar kesan integrasi secara tidak tepat.

Perancangan solusi mendapat kode 2 pada 17 produk (68%) dan kode 1 pada delapan produk. Produk berkode 2 mencakup wadah berkapasitas tertentu, alat ukur, strategi kantin, susunan lapisan penyaring, serta keluaran edukasi data yang mempunyai kriteria isi. S3 dalam pedoman bersifat cukup luas untuk mencakup rancangan konseptual. Konsekuensinya, indikator ini tidak boleh disebut sebagai ukuran kematangan rekayasa mekanis. Pada LKPD-22, model atau infografis ditentukan oleh data awal, faktor, interval, dan sedikitnya lima prediksi. Kriteria tersebut mendukung kode 2 untuk desain keluaran, tetapi belum menunjukkan pengujian kinerja dan revisinya.

Pengujian dan perbaikan merupakan komponen yang paling terbatas

Ketiga kasus S4 operasional diringkas pada Tabel 4. Perbedaannya terletak pada apa yang dilakukan siswa setelah memperoleh hasil uji. Instruksi pada LKPD-12 mengaitkan kerusakan dengan rencana perbaikan, sedangkan LKPD-21 dan LKPD-23 mengarahkan perhatian pada kinerja yang diamati sebagai dasar memperbaiki desain.

Tabel 4. Bukti Pengujian dan Perbaikan dengan Kode 2

Produk	Bukti tugas	Batas simpulan
LKPD-12	Uji beban 500 gram dan rencana perbaikan jika wadah rusak.	Rencana tersedia; revisi aktual belum dibuktikan.
LKPD-21	Uji volume, waktu dan kejernihan; perbaikan desain setelah uji.	Kejernihan bukan bukti keamanan air minum.
LKPD-23	Uji kekokohan/kapasitas, catat kekurangan, tahap Improve.	Spesifikasi biaya, waktu dan beban perlu diselaraskan.

Dua belas produk berkode 1 memperlihatkan bahwa sebagian unsur evaluasi sudah tersedia. Pada LKPD-16, siswa mengamati apakah lapisan cairan terpisah, tetapi tidak diminta mengubah komposisi berdasarkan kegagalan. Pada LKPD-19, pemindaian QR menggunakan beberapa ponsel merupakan uji fungsi, tetapi tidak diikuti perintah revisi ketika tautan gagal terbaca. Pada LKPD-20, pemeriksaan jumlah pecahan dan kesesuaian susunan menu merupakan evaluasi terhadap kriteria, tetapi perubahan model belum diwajibkan. Pola tersebut menunjukkan bahwa penambahan refleksi umum belum tentu menutup hubungan antara bukti uji dan keputusan perbaikan. Tindak lanjut perlu menyebut objek serta dasar perubahan.

Sepuluh produk berkode 0 tidak selalu berarti tidak memiliki aktivitas pengamatan. LKPD-18 memuat data denyut pada beberapa aktivitas fisik, sedangkan LKPD-22 meminta pelipatan dan pengukuran kertas. Keduanya melibatkan penyelidikan fenomena, tetapi tidak menyediakan pengujian dan perbaikan solusi yang dirancang. Demikian pula, substitusi jawaban persamaan ke transaksi asal merupakan verifikasi matematika, bukan uji prototipe. Pembedaan ini mempertahankan fungsi masing-masing praktik. Jika semua kegiatan mengecek dianggap sebagai S4, analisis akan kehilangan kemampuan membedakan pengujian pengetahuan, pemeriksaan perhitungan, dan evaluasi kinerja rancangan.

Keterbatasan revisi sejalan dengan kebutuhan memperjelas praktik desain dalam literatur integrasi STEM, tetapi tidak boleh ditafsirkan sebagai pengulangan langsung hasil studi lain. Roehrig, Dare, Ellis, dan Ring-Whalen (2021) memberi perhatian pada sentralitas desain dan praktik STEM, sementara Thibaut et al. (2018) mengidentifikasi desain dan penyelidikan sebagai praktik penting pada pendidikan menengah. Data penelitian ini menambahkan gambaran khusus pada artefak LKPD: kriteria, tabel uji, dan pertanyaan refleksi dapat tersedia tanpa petunjuk yang mengikat hasil uji pada revisi. Dengan demikian, kebutuhan perbaikan bukan sekadar menambahkan kata uji, tetapi memperjelas hubungan tindakan dan bukti.

Siklus perbaikan dapat dibuat lebih operasional dengan menyatakan empat unsur: parameter yang diamati, tolok ukur, perubahan yang diizinkan, dan cara mendokumentasikan alasannya. Pada penjernih air, misalnya, siswa dapat diminta mempertahankan volume masukan dan durasi yang sebanding ketika membandingkan susunan media. Pada kemasan, massa beban dan indikator kerusakan perlu ditetapkan. Contoh tersebut merupakan rekomendasi desain dari pembacaan dokumen, bukan prosedur yang diklaim telah dilakukan dalam penelitian. Pengujian ulang juga dapat ditambahkan untuk memeriksa konsekuensi perubahan, tetapi ketidakhadirannya tidak secara otomatis mengubah kode pada pedoman yang telah digunakan.

Kemunculan bersama karakteristik adaptif dan pengujian

Ketika A1, A2, dan A6 dibaca bersama, hanya LKPD-16 mendapat kode 2 pada ketiganya. Temuan ini menunjukkan satu contoh yang menyatukan informasi awal, variasi tuntutan, dan aturan pemilihan secara tertulis. Namun, produk tersebut berkode 1 pada S4 karena belum ada perintah memperbaiki komposisi dari hasil percobaan. Sebaliknya, tiga produk yang berkode 2 pada S4 tidak berkode 2 pada A1 dan A6 secara bersamaan. Pada LKPD-12 kedua indikator adaptif itu berkode 0; pada LKPD-21 keduanya berkode 1; pada LKPD-23 A1 berkode 1 dan A6 berkode 0.

Tabel 5 menunjukkan bahwa tidak ada LKPD yang memenuhi kode 2 secara bersamaan pada A1, A6, dan S4 berdasarkan ambang awal. Pola ini memperlihatkan keterbatasan hubungan yang tertulis antara dasar penyesuaian, aturan pemakaian bantuan, dan penggunaan hasil uji untuk revisi. Analisis kemunculan bersama ini bersifat deskriptif dan belum memberi dasar untuk menyimpulkan hubungan statistik atau menilai kemampuan guru.

Tabel 5. Pembacaan bersama indikator adaptif dan pengujian

Pola operasional	Jumlah	Produk
A1 dan A6 sama-sama 2	10	04, 06, 10, 11, 13, 16, 17, 19, 20, 22
A1, A2 dan A6 sama-sama 2	1	16
S3 dan S4 sama-sama 2	3	12, 21, 23
A1, A6 dan S4 sama-sama 2	0	Tidak ditemukan

Nomor merujuk kode LKPD. Persilangan bersifat deskriptif dan tidak membentuk skor atau klasifikasi mutu.

Sebagai contoh pengembangan LKPD kemasan, guru dapat memberi soal awal tentang volume dan konversi satuan (A1). Petunjuk kemudian dapat mengarahkan siswa yang keliru mengonversi satuan ke contoh parsial sebelum mereka menghitung kapasitas kemasan (A6). Setelah uji beban dengan kriteria yang sama, siswa mencatat bagian yang berubah bentuk, memilih bagian rancangan yang perlu diperkuat, dan menjelaskan perubahan berdasarkan data uji (S4). Contoh rancangan ini menunjukkan cara menempatkan bantuan dan revisi dalam satu urutan tugas dengan tujuan matematika dan kriteria uji yang sama bagi seluruh siswa.

Ketepatan isi perlu dinilai terpisah dari keberadaan fitur

Audit isi menemukan beberapa ketidakselarasan yang memperlihatkan batas interpretasi kode. Pada LKPD-22, model ketebalan menggunakan asumsi satu lembar setebal 0,1 mm. Untuk sepuluh lipatan, ketebalan teoritis adalah 2 pangkat 10 dikalikan 0,1 mm, yaitu 102,4 mm atau 0,1024 m. Untuk dua puluh lipatan, hasilnya 104,8576 m. Kunci pada dua baris tersebut tidak konsisten dengan konversi satuan. Walaupun penggunaan pangkat untuk prediksi memenuhi S5, kesalahan kunci dapat mengarahkan penjelasan siswa pada hasil yang keliru. Oleh karena itu, keberadaan model tidak dapat dipakai sebagai bukti ketepatan model.

Pada LKPD-21, persentase volume akhir terhadap volume awal mengukur perolehan volume, bukan persentase penghilangan pencemar. Kejernihan visual juga tidak menyediakan bukti yang cukup untuk menyatakan air aman diminum. Kesimpulan penelitian ini dibatasi pada ketidakcukupan parameter dalam tugas, tanpa menetapkan standar kesehatan baru. Infografis tambahan menggunakan ember yang berbeda skala dari tugas botol, sehingga dasar pengukuran, tinggi total media, dan penyebut persentasenya perlu diselaraskan. Kasus ini menunjukkan bahwa penggunaan data dan alat ukur dapat operasional, tetapi arti besaran yang dihitung masih memerlukan penelaahan disipliner.

LKPD-23 memuat batasan biaya Rp15.000 dan Rp5.000, durasi 40 menit dan empat jam pelajaran, serta kriteria kapasitas tiga produk dan beban 200 gram. Ketentuan tersebut belum dibedakan sebagai tahap atau proyek yang berbeda. Kasus usaha pada dokumen menghasilkan modal Rp120.000 dan pendapatan Rp140.000, sehingga laba Rp20.000 atau sekitar 16,67% atas modal. Hasil tersebut belum memenuhi target keuntungan minimal 20% yang dicantumkan pada tantangan. Ketidaksesuaian ini dapat menjadi peluang analisis kelayakan apabila dinyatakan sengaja, tetapi dokumen belum menjelaskan maksud tersebut. Kode desain dan uji tetap tidak menghapus kebutuhan menyelaraskan spesifikasi.

Pada LKPD-25, label kotak harga makanan dan minuman belum sepenuhnya konsisten dengan variabel minuman dan camilan yang ditetapkan dalam cerita. Pada LKPD-19, estimasi konsumsi gula menggunakan asumsi tetap per kejadian dan menghubungkan hasilnya dengan kategori kesehatan. Data minuman saja belum mewakili keseluruhan

konsumsi, sehingga batas inferensinya perlu dinyatakan. Contoh-contoh ini tidak digunakan untuk menyusun peringkat kesalahan antarguru karena pemeriksaannya bukan instrumen audit mutu yang tervalidasi. Fungsinya adalah memperlihatkan bahwa fitur desain, konsistensi matematis, dan dasar simpulan substantif merupakan tiga hal yang perlu dibedakan ketika menafsirkan hasil analisis isi.

Pemisahan tersebut sejalan dengan pandangan bahan kurikulum sebagai sumber belajar yang perlu ditelaah dan digunakan secara aktif. Remillard (2005) membantu menjelaskan mengapa dokumen tidak dapat dipisahkan dari interpretasi guru, sedangkan Davis dan Krajcik (2005) memberi landasan bagi pengembangan bahan yang mendukung pengetahuan guru. Dalam tindak lanjut, memo dapat menjadi bahan diskusi profesional mengenai satuan, asumsi, dan alasan memilih kriteria. Namun, penelitian ini tidak menyatakan bahwa diskusi tersebut telah dilakukan atau menghasilkan perubahan. Peran dokumen sebagai sumber pembelajaran guru merupakan implikasi yang masuk akal, bukan hasil implementasi yang diukur.

Implikasi dan keterbatasan penelitian

Bagi pengembangan LKPD, temuan menunjukkan perlunya mempertahankan representasi bermakna sambil memperjelas keputusan penggunaan dukungan. Contoh parsial dan tabel dapat dilengkapi petunjuk kapan siswa perlu menggunakannya, jenis kesalahan yang ditangani, dan kapan siswa dapat melanjutkan tanpa bantuan. Pilihan respons perlu mempertahankan bukti matematika yang sama, sedangkan level tugas perlu dibedakan melalui tuntutan, bukan label. Pada ranah STEM, kriteria rancangan perlu diikuti prosedur pengujian dan petunjuk perbaikan yang terhubung. Perbaikan tersebut tidak harus menambah jumlah halaman secara besar, tetapi perlu mengubah hubungan antarbagian tugas secara jelas.

Pencatatan pada tingkat produk memberi bobot kategori yang sama ketika satu atau beberapa aktivitas memenuhi indikator. Pemetaan preferensi masuk dalam ambang awal A1, sedangkan S6 mencakup hubungan minimum yang dapat dipenuhi melalui penggunaan alat. Kedua keputusan memperluas cakupan bukti tetapi membatasi tafsir tentang kesiapan matematika dan kedalaman integrasi. Hasil juga dibatasi oleh pengodean awal, kelengkapan dokumen, dan cakupan satu arsip kegiatan. Data wawancara, observasi, serta hasil belajar tidak tersedia untuk menilai alasan desain, penerapan, atau dampak pembelajaran.

Penelitian lanjutan dapat memulai dari menelaah keterlaksanaan bantuan dan revisi melalui observasi serta artefak versi awal dan akhir siswa. Dengan membandingkan dokumen dan tindakan, penelitian dapat mengetahui bagian mana yang memerlukan penjelasan guru serta bagian mana yang dapat digunakan siswa secara mandiri.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pertama, semua LKPD memuat representasi bermakna dan 19 memuat bantuan bertahap. Informasi awal yang ditautkan ke pilihan tugas atau dukungan serta aturan penggunaan

penyesuaian ditemukan pada sepuluh LKPD yang sama. Pemetaan sering menggunakan preferensi format, sehingga bukti penyesuaian berdasarkan kesiapan matematika lebih terbatas. Variasi tuntutan yang memenuhi kriteria terlihat pada lima dari 24 LKPD yang dapat dinilai.

Kedua, matematika berfungsi dalam aktivitas pada seluruh LKPD. Keterhubungan fungsional minimum dengan unsur STEM lain ditemukan pada 24 LKPD, sedangkan 17 menyediakan rancangan solusi berkriteria dan tiga menghubungkan hasil uji dengan perbaikan. Ketiga, berdasarkan pengodean awal, tidak ditemukan LKPD yang sekaligus memenuhi A1, A6, dan S4 pada tingkat operasional. Simpulan ini menggambarkan rancangan tertulis dengan dua keputusan TD pada LKPD-18.

Pengembangan LKPD dapat memperjelas bukti kesiapan yang digunakan, tindakan yang dipicu oleh kesulitan tertentu, dan perubahan tuntutan matematika antarjalur. Pada tugas desain, petunjuk perlu menghubungkan hasil uji dengan bagian solusi yang akan diperbaiki dan alasan perubahannya.

DAFTAR PUSTAKA

Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction, 16*(3), 183–198. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.03.001

Belland, B. R., Walker, A. E., Kim, N. J., & Lefler, M. (2017). Synthesizing results from empirical research on computer-based scaffolding in STEM education: A meta-analysis. *Review of Educational Research, 87*(2), 309–344. https://doi.org/10.3102/0034654316670999

Black, P., & Wiliam, D. (2009). Developing the theory of formative assessment. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability, 21*(1), 5–31. https://doi.org/10.1007/s11092-008-9068-5

Bowen, G. A. (2009). Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative Research Journal, 9*(2), 27–40. https://doi.org/10.3316/QRJ0902027

Elo, S., & Kyngäs, H. (2008). The qualitative content analysis process. *Journal of Advanced Nursing, 62*(1), 107–115. https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2007.04569.x

Elo, S., Kääriäinen, M., Kanste, O., Pölkki, T., Utriainen, K., & Kyngäs, H. (2014). Qualitative content analysis: A focus on trustworthiness. *SAGE Open, 4*(1), 1–10. https://doi.org/10.1177/2158244014522633

English, L. D. (2016). STEM education K–12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM Education, 3*, Article 3. https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1

Florian, L., & Black-Hawkins, K. (2011). Exploring inclusive pedagogy. *British Educational Research Journal, 37*(5), 813–828. https://doi.org/10.1080/01411926.2010.501096

Graneheim, U. H., & Lundman, B. (2004). Qualitative content analysis in nursing research: Concepts, procedures and measures to achieve trustworthiness. *Nurse Education Today, 24*(2), 105–112. https://doi.org/10.1016/j.nedt.2003.10.001

Hsieh, H.-F., & Shannon, S. E. (2005). Three approaches to qualitative content analysis. *Qualitative Health Research, 15*(9), 1277–1288. https://doi.org/10.1177/1049732305276687

Kurniasari, I., Susanah, El Milla, Y. I., Palupi, E. L. W., & Standsyah, R. E. (2026). Pelatihan guru SMP dalam merancang LKPD matematika adaptif berbasis STEM di Kabupaten Jombang Jawa Timur [Laporan akhir pengabdian kepada masyarakat]. Universitas Negeri Surabaya.

Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education, 3*, Article 11. https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z

Li, Y., & Schoenfeld, A. H. (2019). Problematizing teaching and learning mathematics as "given" in STEM education. *International Journal of STEM Education, 6*, Article 44. https://doi.org/10.1186/s40594-019-0197-9

Margot, K. C., & Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: A systematic literature review. *International Journal of STEM Education, 6*, Article 2. https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2

Nipyrakis, A., Stavrou, D., & Avraamidou, L. (2025). Examining S-T-E-M teachers' design of integrated STEM lesson plans. *International Journal of Science and Mathematics Education, 23*(2), 537–560. https://doi.org/10.1007/s10763-024-10474-2

O'Connor, C., & Joffe, H. (2020). Intercoder reliability in qualitative research: Debates and practical guidelines. *International Journal of Qualitative Methods, 19*, 1–13. https://doi.org/10.1177/1609406919899220

Parsons, S. A., Vaughn, M., Scales, R. Q., Gallagher, M. A., Parsons, A. W., Davis, S. G., Pierczynski, M., & Allen, M. (2018). Teachers' instructional adaptations: A research synthesis. *Review of Educational Research, 88*(2), 205–242. https://doi.org/10.3102/0034654317743198

Pashler, H., McDaniel, M., Rohrer, D., & Bjork, R. (2008). Learning styles: Concepts and evidence. *Psychological Science in the Public Interest, 9*(3), 105–119. https://doi.org/10.1111/j.1539-6053.2009.01038.x

Remillard, J. T. (2005). Examining key concepts in research on teachers' use of mathematics curricula. *Review of Educational Research, 75*(2), 211–246. https://doi.org/10.3102/00346543075002211

Roehrig, G. H., Dare, E. A., Ellis, J. A., & Ring-Whalen, E. (2021). Beyond the basics: A detailed conceptual framework of integrated STEM. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research, 3*, Article 11. https://doi.org/10.1186/s43031-021-00041-y

Roehrig, G. H., Dare, E. A., Ring-Whalen, E., & Wieselmann, J. R. (2021). Understanding coherence and integration in integrated STEM curriculum. *International Journal of STEM Education, 8*, Article 2. https://doi.org/10.1186/s40594-020-00259-8

Smale-Jacobse, A. E., Meijer, A., Helms-Lorenz, M., & Maulana, R. (2019). Differentiated instruction in secondary education: A systematic review of research evidence. *Frontiers in Psychology, 10*, Article 2366. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02366

Stevenson, E., van Driel, J., & Millar, V. (2026). How to support teacher learning of integrated STEM curriculum design. *Journal for STEM Education Research, 9*(1), 59–84. https://doi.org/10.1007/s41979-024-00133-0

Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., Boeve-de Pauw, J., Dehaene, W., Deprez, J., De Cock, M., Hellinckx, L., Knipprath, H., Langie, G., Struyven, K., Van de Velde, D., Van Petegem, P., & Depaepe, F. (2018). Integrated STEM education: A systematic review of instructional practices in secondary education. *European Journal of STEM Education, 3*(1), Article 2. https://doi.org/10.20897/ejsteme/85525

van de Pol, J., Volman, M., & Beishuizen, J. (2010). Scaffolding in teacher–student interaction: A decade of research. *Educational Psychology Review, 22*(3), 271–296. https://doi.org/10.1007/s10648-010-9127-6

van Geel, M., Keuning, T., Frèrejean, J., Dolmans, D., van Merriënboer, J. J. G., & Visscher, A. J. (2019). Capturing the complexity of differentiated instruction. *School Effectiveness and School Improvement, 30*(1), 51–67. https://doi.org/10.1080/09243453.2018.1539013

Wang, H.-H., Moore, T. J., Roehrig, G. H., & Park, M. S. (2011). STEM integration: Teacher perceptions and practice. *Journal of Pre-College Engineering Education Research, 1*(2), 1–13. https://doi.org/10.5703/1288284314636