

Lembar Kerja Interaktif STEM untuk Berpikir Kritis Matematis Siswa SMK

Andin Nurhati Dewi¹, Kintoko^{1,*}, Dhian Arista Istikhomah³

^{1,2,3}Program Studi Pendidikan Matematika, Universitas PGRI Yogyakarta,
Jl. PGRI I Sonosewu No. 117, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia

[*kintoko@upy.ac.id](mailto:kintoko@upy.ac.id)

Received: 25 April 2026; Accepted: 28 Juni 2026; Published: 30 Juni 2026

Doi:10.15575/ja.v12i1.57763

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengembangkan lembar kerja interaktif berbasis *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) menggunakan *Liveworksheets* pada materi jangkauan, kuartil, dan jangkauan interkuartil serta mengevaluasi validitas, kepraktisan, dan potensi efektivitasnya dalam mendukung kemampuan berpikir kritis matematis siswa SMK. Penelitian menggunakan model ADDIE yang mencakup tahap analisis, perancangan, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Uji coba terbatas dilakukan dengan desain satu kelompok pretest-posttest terhadap 32 siswa kelas X Akuntansi di salah satu SMK Negeri di Yogyakarta. Data dikumpulkan melalui lembar validasi ahli materi dan media, angket respons siswa, serta tiga soal uraian kemampuan berpikir kritis matematis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produk memperoleh skor validasi materi sebesar 85,45% dan validasi media sebesar 87,27%, yang keduanya termasuk kategori sangat valid. Respons siswa mencapai 72,53% dan termasuk kategori praktis. Rata-rata skor meningkat dari 79,46 pada pretest menjadi 87,75 pada posttest, dengan rata-rata N-Gain sebesar 0,397 pada kategori sedang. Temuan ini menunjukkan bahwa lembar kerja yang dikembangkan valid dan praktis serta berpotensi mendukung latihan berpikir kritis matematis dalam konteks uji coba terbatas.

Kata kunci: Berpikir Kritis Matematis, Lembar Kerja Interaktif, *Liveworksheets*, Statistika, STEM

Abstract

This study aimed to develop an interactive worksheet based on Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) using Liveworksheets for the topics of range, quartiles, and interquartile range and to evaluate its validity, practicality, and potential effectiveness in supporting vocational students' mathematical critical thinking. The study employed the ADDIE model, consisting of analysis, design, development, implementation, and evaluation. A limited trial was conducted using a one-group pretest-posttest design involving 32 tenth-grade Accounting students from a public vocational high school in Yogyakarta. Data were collected through material- and media-expert validation sheets, a student response questionnaire, and three essay items assessing mathematical critical thinking. The worksheet obtained a material-validation score of 85.45% and a media-validation score of 87.27%, both of which were classified as highly valid. Student responses

reached 72.53%, indicating that the worksheet was practical. The mean score increased from 79.46 on the pretest to 87.75 on the posttest, with an average N-Gain of 0.397, categorized as moderate. These findings indicate that the developed worksheet is valid and practical and has the potential to support mathematical critical-thinking practice within the context of a limited-scale trial.

Keywords: *Interactive Worksheet, Liveworksheets, Mathematical Critical Thinking, Statistics, STEM*

1. PENDAHULUAN

Kemampuan berpikir kritis matematis merupakan salah satu kompetensi penting yang perlu dikembangkan dalam pembelajaran abad ke-21. Kemampuan ini membantu peserta didik memahami informasi, menginterpretasikan data, menganalisis hubungan antar komponen, mengevaluasi strategi penyelesaian, serta menarik kesimpulan secara logis dan berdasarkan bukti. Dalam pembelajaran matematika, berpikir kritis tidak hanya ditunjukkan melalui kemampuan memperoleh jawaban yang benar, tetapi juga melalui kemampuan menjelaskan alasan, memeriksa ketepatan prosedur, membandingkan alternatif penyelesaian, dan menilai kewajaran hasil yang diperoleh (Facione & Gittens, 2016). Kompetensi tersebut penting bagi peserta didik Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) karena pembelajaran matematika perlu mendukung pengambilan keputusan dan penyelesaian masalah yang berkaitan dengan bidang keahlian maupun kehidupan sehari-hari.

Kurikulum Merdeka menempatkan pembelajaran yang berpusat pada peserta didik, kontekstual, dan berorientasi pada pemecahan masalah sebagai bagian penting dalam pengembangan kompetensi. Dalam pembelajaran matematika di SMK, peserta didik diharapkan tidak hanya mampu melakukan langkah-langkah perhitungan secara mekanis, seperti mengurutkan data, menentukan nilai minimum dan maksimum, serta menghitung jangkauan, kuartil, dan interkuartil menggunakan rumus, tetapi juga mampu menggunakan konsep matematika untuk membaca data, menyusun argumen, mengavaluasi informasi, dan mengambil keputusan secara rasional (Kemendikbudristek, 2022). Tuntutan tersebut semakin relevan pada materi statistika karena pemahaman terhadap data menjadi salah satu kemampuan yang dibutuhkan dalam berbagai bidang vokasional. Pada materi jangkauan, kuartil, dan interkuartil, peserta didik tidak cukup hanya menghafal rumus, tetapi perlu memahami karakteristik sebaran data, memilih prosedur yang tepat, serta menafsirkan hasil perhitungan sesuai konteks permasalahan.

Meskipun demikian, kemampuan peserta didik Indonesia dalam menggunakan matematika untuk menalar, menginterpretasikan informasi, dan menyelesaikan permasalahan kontekstual masih perlu diperkuat. Hasil evaluasi PISA menunjukkan bahwa peserta didik masih menghadapi kesulitan pada soal-soal yang menuntut penalaran dan penerapan konsep dalam situasi nyata (OECD, 2022). Sejumlah penelitian juga menunjukkan bahwa peserta didik belum terbiasa menjelaskan alasan penyelesaian, mengevaluasi strategi yang digunakan, dan menghubungkan konsep matematika dengan permasalahan kontekstual (Basri et al., 2024; Christina & Kristin, 2024). Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa pembelajaran matematika perlu memberikan lebih banyak kesempatan kepada peserta didik untuk melakukan interpretasi, analisis, evaluasi, dan inferensi, bukan hanya mengerjakan latihan rutin.

Salah satu faktor yang berkaitan dengan terbatasnya kesempatan tersebut adalah penggunaan bahan ajar yang masih berorientasi pada ringkasan materi dan latihan prosedural. Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) sering digunakan untuk membantu pelaksanaan pembelajaran, tetapi aktivitas yang disajikan belum selalu mengarahkan peserta didik untuk menyelidiki masalah, mengolah informasi, menguji strategi, dan merefleksikan hasil penyelesaian. Padahal, LKPD dapat dirancang sebagai perangkat belajar yang membimbing peserta didik membangun konsep secara bertahap dan menyelesaikan permasalahan yang relevan dengan kehidupan nyata. Oleh karena itu, diperlukan

lembar kerja yang tidak hanya menyajikan soal, tetapi juga memfasilitasi proses berpikir kritis matematis secara terstruktur.

Lembar kerja interaktif merupakan pengembangan dari Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) konvensional yang memadukan materi pembelajaran dengan teknologi digital sehingga memungkinkan peserta didik berinteraksi secara aktif melalui berbagai aktivitas, seperti menjawab soal, memilih jawaban, mencocokkan pasangan, maupun mengisi isian secara langsung. Karakteristik tersebut menjadikan lembar kerja interaktif tidak hanya berfungsi sebagai sarana latihan, tetapi juga sebagai media pembelajaran yang mampu memberikan pengalaman belajar yang lebih menarik, meningkatkan keterlibatan peserta didik, serta mendukung pembelajaran yang lebih mandiri dan berpusat pada peserta didik.

Pemanfaatan teknologi digital memberikan peluang untuk mengembangkan lembar kerja yang lebih interaktif dan mudah diakses. Salah satu platform yang dapat digunakan adalah *Liveworksheets*, yaitu platform berbasis web yang memungkinkan lembar kerja dikembangkan dalam bentuk digital dengan aktivitas interaktif dan umpan balik terhadap respon peserta didik. Penggunaannya memungkinkan peserta didik mengakses bahan ajar melalui perangkat digital, mengerjakan tugas secara langsung, dan memperoleh informasi mengenai hasil pengerjaannya. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa E-LKPD berbantuan *Liveworksheets* memenuhi kriteria valid dan praktis serta dapat mendukung keterlibatan, pemahaman konsep, dan kemampuan berpikir kritis peserta didik (Apriani et al., 2024; Basri et al., 2024; Sugandi et al., 2024). Namun, penggunaan platform digital perlu didukung oleh pendekatan pembelajaran yang memberikan arah pedagogis terhadap aktivitas peserta didik.

Pendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) relevan digunakan karena mengintegrasikan konsep lintas disiplin dalam penyelesaian permasalahan kontekstual. Pendekatan ini memiliki keunggulan dalam menciptakan pembelajaran yang lebih bermakna karena menghubungkan konsep-konsep dari berbagai disiplin ilmu dengan permasalahan nyata. Selain meningkatkan keterlibatan aktif peserta didik, STEM juga mendorong kemampuan pemecahan masalah, kreativitas, kolaborasi, serta keterampilan berpikir tingkat tinggi yang dibutuhkan pada abad ke-21. Dalam pembelajaran berbasis STEM, peserta didik diarahkan untuk memahami masalah, mengumpulkan dan mengolah informasi, menggunakan teknologi, merancang strategi atau solusi, melakukan perhitungan matematis, serta mengevaluasi hasil yang diperoleh (Bybee, 2013; Thibaut et al., 2018). Proses tersebut sejalan dengan indikator berpikir kritis yang meliputi interpretasi, analisis, evaluasi, dan inferensi. Integrasi STEM dalam bahan ajar juga dapat membantu peserta didik memahami bahwa matematika tidak berdiri sendiri, tetapi digunakan untuk menjelaskan fenomena, menganalisis data, dan mengambil keputusan dalam berbagai situasi.

Penelitian terdahulu telah mengembangkan E-LKPD berbantuan *Liveworksheets* dengan model *Problem-Based Learning*, *Discovery Learning*, maupun pendekatan STEM. Sugandi et al. (2024) mengembangkan E-LKPD berbasis *Problem-Based Learning* untuk kemampuan berpikir kritis matematis, sedangkan Apriani et al. (2024) mengintegrasikan *Liveworksheets* dengan *Discovery Learning*. Cholid & Peni (2024) mengembangkan E-LKPD pada materi ukuran pemusatan data, sementara Isra et al. (2025) mengkaji E-LKPD STEM berbantuan *Liveworksheets* untuk indikator berpikir kritis tertentu. Temuan-temuan tersebut menunjukkan bahwa integrasi lembar kerja digital dan pendekatan pembelajaran inovatif memiliki potensi dalam mendukung pembelajaran. Namun, masih diperlukan pengembangan yang secara khusus menyajikan aktivitas statistika kontekstual bagi peserta didik SMK dan memetakan tahapan STEM dengan indikator berpikir kritis matematis secara lebih eksplisit.

Kebaruan penelitian ini tidak semata-mata terletak pada penggunaan STEM dan *Liveworksheets*, tetapi pada rancangan aktivitas pembelajaran statistika yang disesuaikan dengan karakteristik peserta didik kelas X program keahlian Akuntansi. Aktivitas pada lembar kerja mengarahkan peserta

didik untuk menginterpretasikan data kontekstual, menganalisis ukuran penyebaran, merancang strategi penyelesaian, mengevaluasi hasil perhitungan, dan menarik kesimpulan berdasarkan konteks data. Komponen *science* diwujudkan melalui pemanfaatan fenomena dan data nyata, *technology* melalui penggunaan Liveworksheets, *engineering* melalui perancangan serta evaluasi strategi penyelesaian, dan *mathematics* melalui penerapan konsep jangkauan, kuartil, serta jangkauan interkuartil. Setiap aktivitas dirancang untuk memfasilitasi indikator interpretasi, analisis, evaluasi, dan inferensi.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan lembar kerja interaktif berbasis STEM menggunakan *Liveworksheets* pada materi jangkauan, kuartil, dan jangkauan interkuartil serta mengevaluasi validitas, kepraktisan, dan potensi efektivitasnya dalam mendukung kemampuan berpikir kritis matematis peserta didik kelas X SMK. Penelitian ini diharapkan menghasilkan bahan ajar digital yang dapat digunakan sebagai alternatif dalam pembelajaran statistika sekaligus memberikan prinsip desain bagi pengembangan aktivitas matematika yang kontekstual, interaktif, dan berorientasi pada proses berpikir kritis.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development* atau R&D) dengan model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation*). Model ADDIE dipilih karena memberikan prosedur yang sistematis dalam mengembangkan, menguji, dan mengevaluasi produk pembelajaran sehingga produk yang dihasilkan dapat memenuhi aspek validitas, kepraktisan, dan potensi efektivitas (Branch, 2009).

Pengembangan lembar kerja dilakukan melalui lima tahap. Tahap analisis (*analysis*) meliputi analisis kurikulum, analisis kebutuhan guru dan peserta didik melalui observasi serta wawancara, dan analisis karakteristik peserta didik. Hasil tahapan ini menjadi dasar penentuan materi, indikator pembelajaran, dan spesifikasi lembar kerja. Tahap desain (*design*) meliputi penyusunan struktur lembar kerja, penyusunan instrumen penelitian, penyusunan soal kemampuan berpikir kritis, serta perancangan tampilan lembar kerja menggunakan Canva dan *Liveworksheets*. Tahap pengembangan (*development*) meliputi pembuatan lembar kerja, validasi oleh ahli materi dan ahli media serta revisi produk berdasarkan masukan validator. Tahap implementasi (*implementation*) dilakukan melalui uji coba pada peserta didik menggunakan desain *One Group Pretest-Posttest Design*, sedangkan tahap evaluasi (*evaluation*) dilakukan dengan menganalisis hasil validasi, kepraktisan, dan potensi efektivitas produk untuk menentukan penyempurnaan akhir.

Penelitian dilaksanakan pada Mei 2026 di salah satu SMK Negeri di Daerah Istimewa Yogyakarta. Subjek uji coba terdiri atas 32 peserta didik kelas X Akuntansi 1 yang dipilih menggunakan purposive sampling berdasarkan rekomendasi guru matematika karena kelas tersebut telah mempelajari materi prasyarat statistika dan memiliki fasilitas perangkat digital yang mendukung penggunaan *Liveworksheets*. Peserta didik berusia sekitar 15–16 tahun dan telah terbiasa menggunakan telepon pintar maupun komputer sebagai media pembelajaran.

Tahap implementasi menggunakan desain *One Group Pretest-Posttest Design* dengan notasi

$$O_1 \quad X \quad O_2$$

Keterangan:

O_1 : pretest kemampuan berpikir kritis

X : pembelajaran menggunakan lembar kerja interaktif berbasis STEM

O_2 : posttest kemampuan berpikir kritis

Implementasi dilaksanakan dalam dua kali pertemuan (2×45 menit) dan difasilitasi guru mata pelajaran matematika dengan pendampingan penelitian. Implementasi dilakukan menggunakan

perangkat digital milik peserta didik berupa telepon pintar yang terhubung dengan internet untuk mengakses lembar kerja melalui platform *Liveworksheets*

Penelitian ini menggunakan tiga jenis instrumen, yaitu lembar validasi ahli, angket respons peserta didik, dan tes kemampuan peserta didik.

Lembar Validasi

Lembar validasi digunakan untuk menilai kelayakan isi, kebahasaan, penyajian, tampilan, dan aspek teknis lembar kerja. Validasi dilakukan oleh tiga validator, yaitu dua dosen Pendidikan Matematika Universitas PGRI Yogyakarta dan satu guru matematika SMK Negeri 1 Godean yang memberikan penilaian terhadap aspek materi dan media. Seluruh validator memiliki pengalaman mengajar atau mengembangkan perangkat pembelajaran matematika sehingga memenuhi kriteria sebagai validator ahli. Instrumen validasi disusun menggunakan skala Likert lima tingkat.

Angket Respon Peserta Didik

Angket respons digunakan untuk mengetahui tingkat kepraktisan LKPD setelah digunakan dalam pembelajaran. Aspek yang diukur meliputi kemudahan penggunaan, keterbacaan, tampilan, navigasi, dan kebermanfaatan LKPD. Instrumen menggunakan skala Likert lima tingkat dengan pilihan skor 1–5. Data dianalisis menggunakan persentase dan dikategorikan menjadi sangat praktis, praktis, cukup praktis, kurang praktis, dan tidak praktis berdasarkan kriteria yang digunakan dalam penelitian.

Tes Kemampuan Berpikir Kritis

Kemampuan berpikir kritis diukur menggunakan tiga soal uraian pada materi jangkauan, kuartil, dan interkuartil. Penyusunan soal mengacu pada indikator berpikir kritis menurut Facione & Gittens (2016) yang meliputi interpretasi, analisis, evaluasi, dan inferensi. Setiap soal dirancang agar dapat mengukur lebih dari satu indikator berpikir kritis melalui rubrik penskoran analitik. Penskoran dilakukan menggunakan pedoman penilaian yang telah divalidasi oleh ahli sebelum digunakan dalam uji coba.

Data penelitian dikumpulkan melalui observasi, wawancara, validasi ahli, angket respon peserta didik, dan tes kemampuan berpikir kritis. Observasi dan wawancara dilakukan pada tahap analisis kebutuhan terhadap guru matematika untuk mengidentifikasi kondisi pembelajaran, karakteristik peserta didik, serta kebutuhan bahan ajar. Validasi dilakukan sebelum implementasi produk, sedangkan angket respon dan tes diberikan setelah lembar kerja digunakan dalam pembelajaran.

Data validasi dan kepraktisan dianalisis menggunakan persentase dengan rumus menurut Wibisana et al. (2022) sebagai berikut.

$$F = \frac{\sum x}{SMI} \times 100\%$$

Keterangan:

F : Jumlah nilai keseluruhan

$\sum x$: Jumlah skor yang dijawab/benar

SMI : Skor maksimal total

Kategori validitas dan kepraktisan mengacu pada interval 0-20% (tidak valid/tidak praktis), 21-40% (kurang valid/kurang praktis), 41-60% (cukup valid/cukup praktis), 61-80% (valid/praktis), dan 81-100% (sangat valid/sangat praktis).

Potensi *N-Gain* diinterpretasikan ke dalam kategori rendah jika $g < 0,30$; sedang jika $0,30 \leq g < 0,70$; dan tinggi jika $g \geq 0,70$ (Hake, 1998). Pada penelitian ini, *N-Gain* dihitung berdasarkan rata-

rata skor pretest dan posttest sehingga hasilnya digunakan sebagai analisis deskriptif untuk menggambarkan potensi peningkatan kemampuan berpikir kritis.

Penelitian dilaksanakan setelah memperoleh izin dari SMK Negeri 1 Godean. Seluruh data peserta didik digunakan hanya kepentingan penelitian dengan menjaga kerahasiaan identitas responden. Guru mata pelajaran memberikan persetujuan terhadap pelaksanaan penelitian di kelas, dan seluruh hasil pekerjaan peserta didik digunakan hanya sebagai data penelitian tanpa mencantumkan identitas pribadi. Penelitian ini bersifat sukarela dan identitas peserta didik dianonimkan pada proses pengolahan dan pelaporan data sehingga kerahasiaan informasi pribadi tetap terjaga.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengembangan Lembar Kerja Interaktif Berbasis STEM

Penelitian ini menghasilkan produk berupa Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) interaktif berbasis *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) menggunakan platform *Liveworksheets* pada materi jangkauan, kuartil, dan interkuartil untuk peserta didik kelas X SMK. Produk dikembangkan menggunakan model ADDIE yang terdiri atas tahapan *analysis, design, development, implementation, dan evaluation*. Setiap tahap menghasilkan luaran yang berbeda sehingga proses pengembangan berlangsung secara sistematis mulai dari identifikasi kebutuhan hingga penyempurnaan produk sebelum diimplementasikan kepada peserta didik.

Tahap *analysis* dilakukan melalui observasi pembelajaran, wawancara dengan guru matematika, analisis kurikulum, analisis karakteristik peserta didik, dan analisis materi. Hasil observasi menunjukkan bahwa pembelajaran matematika masih didominasi penggunaan buku paket dan LKPD cetak yang berisi ringkasan materi serta latihan soal rutin. Berdasarkan hasil wawancara, guru menyampaikan bahwa LKPD yang digunakan belum menyediakan aktivitas interaktif dan belum dirancang untuk melatih kemampuan berpikir kritis peserta didik. Selain itu, sebagian besar peserta didik menyatakan lebih tertarik menggunakan bahan ajar digital yang dapat diakses melalui *smartphone* dan memberikan umpan balik secara langsung setelah mengerjakan soal.

Analisis isi dokumen terhadap LKPD yang selama ini digunakan menunjukkan bahwa sebagian besar soal berorientasi pada perhitungan prosedural sehingga belum memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk menginterpretasikan data, menganalisis hubungan antardata, mengevaluasi strategi penyelesaian, maupun menarik kesimpulan berdasarkan hasil analisis. Temuan tersebut menjadi dasar dalam menentukan kebutuhan pengembangan LKPD interaktif berbasis STEM yang mampu memfasilitasi aktivitas berpikir kritis melalui permasalahan kontekstual.

Temuan hasil analisis tersebut menunjukkan adanya kesenjangan antara karakteristik bahan ajar yang digunakan dengan tuntutan Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran aktif, kontekstual, dan berpusat pada peserta didik. Oleh karena itu, pengembangan LKPD interaktif dipilih sebagai alternatif solusi untuk mendukung pembelajaran yang lebih sesuai dengan kebutuhan peserta didik SMK.

Tahap *design* menghasilkan rancangan LKPD berbasis STEM yang terdiri dari halaman sampul, petunjuk penggunaan, capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran, peta konsep, kegiatan pembelajaran, latihan interaktif, refleksi, dan evaluasi. Desain visual dikembangkan menggunakan Canva dengan mempertimbangkan aspek keterbacaan, konsistensi warna, ilustrasi kontekstual, serta kemudahan navigasi.

Selanjutnya rancangan tersebut diintegrasikan ke dalam platform *Liveworksheets* sehingga peserta didik dapat mengakses LKPD secara daring menggunakan komputer maupun *handphone*. Fitur

interaktif yang dimanfaatkan meliputi soal pilihan ganda, isian singkat, mencocokkan pasangan (*matching*), *drag and drop*, serta soal uraian. Platform ini juga menyediakan umpan balik otomatis pada soal objektif sehingga peserta didik dapat mengetahui hasil jawabannya secara langsung. Selain itu, LKPD dilengkapi gambar kontekstual, tautan video pembelajaran, tombol navigasi antarkegiatan, serta petunjuk penggunaan yang memudahkan peserta didik mengikuti setiap aktivitas pembelajaran. Adapun keterbatasan platform *Liveworksheet* adalah penilaian otomatis belum dapat diterapkan pada soal uraian sehingga proses penskoran tetap dilakukan oleh guru.

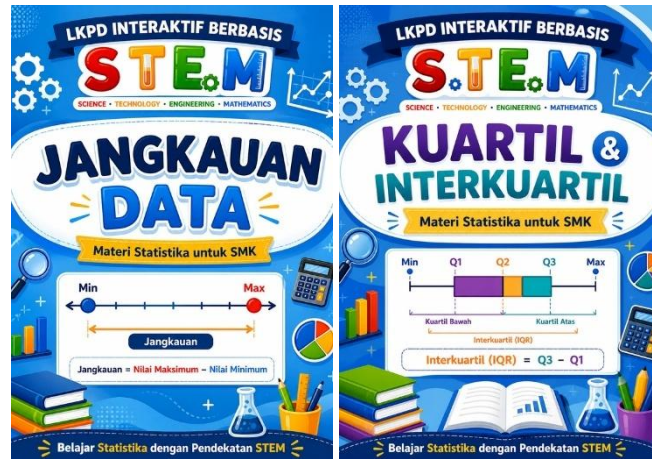
Tahap *development*, menghasilkan LKPD interaktif yang mengintegrasikan setiap komponen STEM ke dalam aktivitas pembelajaran. Integrasi tersebut tidak hanya berupa penyajian konteks kehidupan sehari-hari, tetapi dirancang agar peserta didik melakukan proses ilmiah, memanfaatkan teknologi, merancang solusi, dan menerapkan konsep matematika secara terpadu.

Science diwujudkan melalui penyajian data autentik, seperti data hasil produksi industri dan data aktivitas usaha yang berkaitan dengan dunia kerja SMK. Peserta didik diminta mengamati karakteristik data, mengidentifikasi informasi penting, dan menjelaskan fenomena yang terjadi berdasarkan data tersebut. *Technology* diimplementasikan melalui penggunaan platform *Liveworksheets* sebagai media untuk mengakses materi, mengerjakan latihan, memperoleh umpan balik otomatis, serta mengirimkan hasil pekerjaan secara digital. *Engineering* diwujudkan melalui aktivitas merancang strategi penyelesaian untuk menentukan cara terbaik dalam menganalisis data dan menyelesaikan permasalahan kontekstual secara efektif sebelum melakukan perhitungan. *Mathematics* diterapkan melalui kegiatan menentukan jangkauan, kuartil, jangkauan interkuartil, menginterpretasikan hasil perhitungan, dan menarik kesimpulan berdasarkan analisis data yang telah dilakukan.

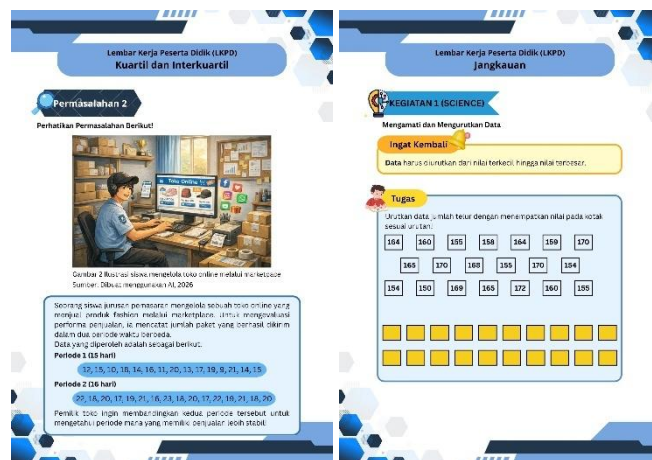
Selanjutnya produk diserahkan kepada validator ahli. Beberapa bagian revisi berdasarkan masukan validator yang berkaitan dengan tampilan dan penyajian materi. Ringkasan hasil revisi disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Revisi Produk Berdasarkan Saran Validator

Masukan Validator	Bagian Revisi	Hasil Revisi
Tambahkan materi singkat	Materi	Menambahkan materi secara singkat sebelum kegiatan pembelajaran
Tambahkan fitur ingat kembali	Kegiatan pembelajaran	Menambahkan bagian “Ingat Kembali” untuk membantu peserta didik mengingat konsep.
Pemisahan materi LKPD	Sampul	Memisahkan materi antara jangkauan dan kuartil, interkuartil.
Penambahan sumber gambar	Ilustrasi gambar	Menambahkan sumber gambar pada permasalahan
Penegasan komponen STEM	Kegiatan pembelajaran	Menambahkan label <i>Science</i> , <i>Technology</i> , <i>Engineering</i> , dan <i>Mathematics</i> pada setiap kegiatan pembelajaran.



Gambar 1. Tampilan Sampul LKPD setelah direvisi



Gambar 2. Tampilan Bagian Isi LKPD setelah direvisi

Secara umum, tahap pengembangan menghasilkan lembar kerja interaktif berbasis STEM berbantuan *Liveworksheets* pada materi jangkauan, kuartil, dan interkuartil untuk peserta didik kelas X SMK. Produk dikembangkan berdasarkan hasil analisis kebutuhan, karakteristik peserta didik, dan capaian pembelajaran Kurikulum Merdeka. Lembar kerja memuat permasalahan kontekstual yang diintegrasikan dengan tahapan pembelajaran STEM, dilengkapi aktivitas interaktif seperti isian, mencocokkan jawaban, serta umpan balik otomatis melalui platform *Liveworksheets*. Selain itu, produk juga dilengkapi petunjuk penggunaan, tujuan pembelajaran, ilustrasi yang mendukung pemahaman konsep, serta latihan yang dirancang untuk melatih kemampuan interpretasi, analisis, evaluasi, dan inferensi sebagai indikator berpikir kritis. Dengan karakteristik tersebut, produk diharapkan mampu meningkatkan keterlibatan peserta didik dalam proses pembelajaran sekaligus memfasilitasi pembelajaran yang lebih aktif dan mandiri.

Karakteristik produk yang dikembangkan sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa pengembangan E-LKPD berbantuan *Liveworksheets* mampu menghasilkan bahan ajar yang interaktif, mudah digunakan, serta mendukung keterlibatan peserta didik dalam pembelajaran matematika (Apriani et al., 2024; Basri et al., 2024). Penelitian lain juga melaporkan bahwa integrasi pendekatan STEM dalam bahan ajar dapat membantu peserta didik mengaitkan konsep matematika dengan permasalahan nyata sehingga mendukung pengembangan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah (Thibaut et al., 2018). Selanjutnya, produk yang telah dikembangkan divalidasi oleh ahli materi dan ahli media untuk mengetahui tingkat kelayakannya sebelum diimplementasikan kepada peserta didik.

B. Kevalidan Lembar Kerja Interaktif Berbasis STEM

Kevalidan lembar kerja interaktif berbasis STEM dinilai sebelum tahap implementasi untuk memastikan bahwa produk memenuhi kriteria kelayakan isi dan media pembelajaran. Validasi melibatkan tiga validator, yaitu satu dosen ahli materi, satu dosen ahli media, dan guru matematika SMK sebagai praktisi pembelajaran. Guru matematika berperan sebagai validator praktisi dengan menilai aspek materi sekaligus media sehingga penilaian tidak hanya mempertimbangkan aspek akademik, tetapi juga kesesuaian produk dengan kondisi pembelajaran di kelas.

Instrumen validasi menggunakan skala Likert lima tingkat. Validasi materi terdiri dari 11 butir penilaian yang meliputi aspek materi, pembelajaran, dan kebahasaan, sedangkan validasi media terdiri dari 11 butir penilaian yang mencakup aspek tampilan, desain media, navigasi, dan kebahasaan. Skor masing-masing validator direkapitulasi untuk memperoleh skor total, rata-rata, dan persentase kelayakan produk.

Validasi ahli materi dilakukan oleh dua validator, yaitu dosen ahli materi dan guru matematika. Hasil penilaian menunjukkan bahwa skor total yang diperoleh sebesar 94 dari skor maksimum 110, sehingga diperoleh persentase kelayakan 85,45% yang termasuk kategori sangat valid.

Tabel 2. Hasil Penilaian Lembar Kerja oleh Ahli Materi

Aspek	Skor diperoleh	Skor Maksimal	Persentase	Kriteria
Materi dan Pembelajaran	76	90	84,44%	Sangat Valid
Kebahasaan	18	20	90%	Sangat Valid
Rata-rata	94	110	85,45%	Sangat Valid

Aspek kebahasaan memperoleh skor tertinggi karena penggunaan bahasa dinilai komunikatif, sesuai dengan tingkat perkembangan peserta didik, dan mudah dipahami. Sebaliknya, aspek materi dan pembelajaran memperoleh skor relatif lebih rendah karena validator memberikan masukan mengenai penyempurnaan pada isi lembar kerja.

Validasi ahli media dilakukan oleh dua validator, yaitu dosen ahli media dan guru matematika. Berdasarkan hasil penilaian diperoleh skor total 96 dari skor maksimum 110, sehingga diperoleh persentase 87,27% dengan kategori sangat valid. Hasil tersebut menunjukkan bahwa lembar kerja berbasis STEM berbantuan *Liveworksheets* telah memenuhi kriteria kelayakan media dan layak digunakan dalam pembelajaran dengan revisi minor. Aspek yang memperoleh penilaian baik meliputi tampilan yang menarik, navigasi yang mudah dipahami, konsistensi tata letak, keterbacaan teks, serta kemudahan peserta didik dalam mengakses dan mengoperasikan fitur-fitur interaktif pada *Liveworksheets*. Temuan ini mengindikasikan bahwa desain media yang dikembangkan mampu mendukung pengalaman belajar yang lebih interaktif dan memudahkan peserta didik dalam menggunakan LKPD secara mandiri. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Apriani et al. (2024) dan Basri et al. (2024) yang melaporkan bahwa E-LKPD berbantuan *Liveworksheets* memiliki kualitas media yang baik, mudah digunakan, serta mendukung keterlibatan peserta didik dalam proses pembelajaran.

Tabel 3. Hasil Penilaian Lembar Kerja oleh Ahli Media

Aspek	Skor diperoleh	Skor Maksimal	Persentase	Kriteria
Tampilan dan Desain Media	68	80	85%	Sangat Valid
Kebahasaan	28	30	93,33%	Sangat Valid
Rata-rata	96	110	87,27%	Sangat Valid

Hasil validasi menunjukkan bahwa lembar kerja memenuhi kriteria sangat valid baik dari aspek materi maupun media. Pada validasi materi, aspek kebahasaan memperoleh skor tertinggi, menunjukkan bahwa bahasa yang digunakan telah komunikatif, mudah dipahami, dan sesuai dengan karakteristik peserta didik SMK. Sebaliknya, aspek materi dan pembelajaran memperoleh skor relatif lebih rendah karena validator masih menemukan beberapa bagian yang memerlukan penyempurnaan. Seluruh masukan tersebut diakomodasi melalui revisi sebelum tahap implementasi sehingga kualitas isi lembar kerja menjadi lebih baik. Temuan ini menunjukkan bahwa lembar kerja interaktif berbasis STEM yang dikembangkan telah memenuhi standar kelayakan isi, penyajian, dan desain media sehingga layak digunakan sebagai bahan ajar dalam pembelajaran matematika di SMK. Selain itu, proses validasi tidak hanya berfungsi untuk menilai kelayakan produk, tetapi juga menghasilkan penyempurnaan terhadap isi materi, penyajian aktivitas STEM, dan tampilan media sehingga produk menjadi lebih sesuai dengan kebutuhan peserta didik sebelum diimplementasikan dalam pembelajaran.

Pada validasi media, aspek tampilan dan navigasi memperoleh penilaian baik karena desain visual, pemilihan warna, dan struktur halaman dinilai sistematis. Namun, validator masih memberikan beberapa masukan. Revisi dilakukan seperti masukan dari validator. Dengan demikian, hasil validasi media menunjukkan bahwa produk telah memenuhi kelayakan desain, sedangkan kemudahan penggunaan oleh peserta didik dibuktikan melalui hasil uji kepraktisan.

Secara keseluruhan, validitas produk tidak hanya ditunjukkan oleh tingginya persentase penilaian, tetapi juga oleh proses penyempurnaan berdasarkan rekomendasi para validator. Proses revisi tersebut meningkatkan kualitas isi, tampilan, dan keterpaduan pendekatan STEM sehingga lembar kerja siap untuk digunakan pada tahap implementasi.

Tingginya tingkat validitas menunjukkan bahwa produk tidak hanya memenuhi kesesuaian materi dengan capaian pembelajaran, tetapi juga telah mengintegrasikan aspek desain pembelajaran yang mendukung keterlibatan peserta didik. Penyajian aktivitas yang sistematis, penggunaan konteks yang dekat dengan kehidupan peserta didik, serta pemanfaatan fitur interaktif pada *Liveworksheets* menjadi faktor yang mendukung kelayakan produk. Temuan ini sejalan dengan penelitian Nirwana & Andriani (2024) yang melaporkan bahwa E-LKPD interaktif berbantuan *Liveworksheets* memperoleh kategori sangat valid karena mengintegrasikan materi, desain media, dan aktivitas pembelajaran secara terpadu sehingga mendukung proses belajar yang lebih efektif.

Hasil validasi yang tinggi juga menunjukkan bahwa penyusunan materi, penyajian aktivitas, dan desain media telah sesuai dengan kebutuhan pembelajaran matematika di SMK. Kesesuaian tersebut memperkuat bahwa kualitas produk tidak hanya ditentukan oleh ketepatan materi, tetapi juga oleh keterpaduan antara tujuan pembelajaran, aktivitas peserta didik, dan karakteristik media digital. Temuan ini sejalan dengan penelitian (Sofia et al., 2025) yang melaporkan bahwa validitas E-LKPD meningkat ketika desain pembelajaran disusun secara sistematis dan selaras dengan capaian pembelajaran.

C. Kepraktisan Lembar Kerja Interaktif Berbasis STEM

Kepraktisan merupakan salah satu indikator kualitas produk dalam penelitian pengembangan yang menunjukkan bahwa produk mudah digunakan, mudah dipahami, dapat dilaksanakan dalam proses pembelajaran, serta diterima oleh pengguna sesuai dengan tujuan pengembangan (Plomp & Nieveen, 2013). Dalam penelitian ini, kepraktisan lembar kerja diukur melalui angket respon peserta didik yang diberikan setelah seluruh proses pembelajaran menggunakan lembar kerja interaktif berbasis STEM dilaksanakan. Pengukuran kepraktisan mengacu pada aspek kemudahan penggunaan, keterlaksanaan, dan kebermanfaatan lembar kerja sebagaimana dijelaskan pada metode penelitian.

Uji kepraktisan dilakukan terhadap 32 peserta didik kelas X AKL 1 SMK Negeri 1 Godean setelah mengikuti pembelajaran menggunakan lembar kerja interaktif berbasis STEM. Data diperoleh melalui angket respon peserta didik yang disusun menggunakan skala Likert untuk mengetahui persepsi peserta didik terhadap penggunaan lembar kerja selama pembelajaran.

Hasil analisis menunjukkan bahwa lembar kerja memperoleh persentase kepraktisan sebesar 72,53%, sehingga termasuk dalam kategori praktis berdasarkan kriteria kepraktisan yang digunakan dalam penelitian, yaitu persentase 61-80% berada pada kategori praktis (Wibisana et al., 2022).

Tabel 4. Hasil Angket Respons Peserta Didik

Rata-rata	Jumlah Skor Maksimal	Persentase =
		$\frac{\text{jumlah skor yang diperoleh}}{\text{jumlah skor maksimal}} \times 100\%$
54,4	75	72,53%
Kriteria		Praktis

Berdasarkan hasil angket, peserta didik memberikan penilaian bahwa lembar kerja interaktif berbasis STEM mudah dipahami, memiliki tampilan yang menarik, serta dapat digunakan selama proses pembelajaran. Temuan tersebut merupakan persepsi peserta didik berdasarkan hasil angket, sehingga tidak digunakan sebagai dasar untuk menyimpulkan efektivitas pembelajaran ataupun peningkatan kemampuan berpikir kritis.

Selain itu, peserta didik juga memberikan tanggapan bahwa penggunaan platform *Liveworksheets* memudahkan pengerjaan latihan karena seluruh aktivitas pembelajaran dapat diakses secara digital. Namun demikian, penelitian ini tidak mengukur secara khusus tingkat aksesibilitas berdasarkan jenis perangkat maupun kualitas jaringan internet, sehingga pembahasan hanya dibatasi pada persepsi peserta didik terhadap kemudahan penggunaan media.

Kemudahan penggunaan media digital juga dipengaruhi oleh antarmuka yang sederhana serta navigasi yang jelas sehingga peserta didik dapat lebih fokus pada aktivitas belajar daripada pada pengoperasian media. Kondisi tersebut didukung oleh penelitian Cahya et al. (2024) yang menunjukkan bahwa E-LKPD interaktif memberikan pengalaman belajar yang lebih mudah digunakan dan meningkatkan keterlibatan peserta didik selama pembelajaran matematika.

Fitur umpan balik pada *Liveworksheets* juga memperoleh tanggapan yang baik dari peserta didik karena membantu mereka mengetahui hasil pengerjaan soal secara langsung. Akan tetapi, manfaat fitur tersebut dalam penelitian ini hanya didasarkan pada respon peserta didik melalui angket, bukan pada pengukuran peningkatan hasil belajar. Oleh karena itu, pembahasan mengenai efektivitas fitur tersebut disajikan pada bagian efektivitas produk.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa peserta didik tidak mengalami kesulitan berarti dalam menggunakan LKPD selama proses pembelajaran. Kemudahan navigasi, tampilan yang sederhana, serta penyajian aktivitas secara bertahap membantu peserta didik lebih fokus pada penyelesaian masalah dibandingkan mempelajari cara menggunakan media. Hasil ini sejalan dengan penelitian Widyawati et al. (2024) yang menyatakan bahwa penggunaan *Liveworksheets* mampu meningkatkan kemudahan penggunaan bahan ajar digital karena menyediakan aktivitas interaktif, umpan balik langsung, dan akses yang fleksibel melalui berbagai perangkat.

Selain kemudahan penggunaan, penyajian LKPD secara digital juga memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk belajar secara lebih mandiri melalui aktivitas yang dapat diakses kembali di luar jam pembelajaran. Kondisi tersebut mendukung keterlibatan peserta didik selama proses belajar dan memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif. Temuan ini didukung oleh Firdaus et al. (2024) yang menjelaskan bahwa bahan ajar berbasis *Liveworksheets* mampu meningkatkan keterlibatan peserta didik melalui penyajian latihan interaktif dan umpan balik yang membantu peserta didik memahami konsep secara lebih mandiri.

Selama implementasi, peneliti juga menemukan beberapa kendala teknis, terutama pada proses pemuatan halaman (*loading*) ketika kondisi jaringan internet kurang stabil. Kendala tersebut menjadi salah satu dasar revisi produk, yaitu dengan menyederhanakan tampilan, memperjelas petunjuk penggunaan, serta mengoptimalkan ukuran media agar lebih mudah diakses pada implementasi berikutnya.

Persentase kepraktisan sebesar 72,53% menunjukkan bahwa lembar kerja yang dikembangkan telah memenuhi kategori praktis, sehingga layak digunakan sebagai bahan ajar pendukung pembelajaran matematika. Persentase tersebut menunjukkan bahwa peserta didik dapat menggunakan lembar kerja dengan baik, meskipun masih terdapat beberapa aspek yang memerlukan penyempurnaan. Oleh karena itu, hasil penelitian ini tidak diinterpretasikan sebagai respon yang sangat positif, tetapi sebagai indikator bahwa produk telah memenuhi kriteria kepraktisan sesuai dengan kriteria yang digunakan dalam penelitian (Wibisana et al., 2022).

Kepraktisan lembar kerja didukung oleh penyajian materi yang sistematis, penggunaan bahasa yang komunikatif, serta integrasi aktivitas interaktif pada platform *Liveworksheets*. Plomp & Nieveen (2013) menjelaskan bahwa kepraktisan merupakan salah satu indikator utama kualitas produk dalam penelitian pengembangan selain validitas dan efektivitas.

Hasil penelitian ini juga sejalan dengan temuan Cahya et al. (2024) yang menunjukkan bahwa penggunaan LKPD digital berbantuan *Liveworksheets* dapat meningkatkan kemudahan pelaksanaan pembelajaran melalui penyajian aktivitas yang lebih interaktif. Namun demikian, penelitian tersebut membahas implementasi media pembelajaran sehingga pada penelitian ini hanya digunakan sebagai pendukung pembahasaan mengenai aspek kepraktisan penggunaan media.

Temuan penelitian ini juga didukung oleh hasil *Systematic Literature Review* yang menunjukkan bahwa penggunaan E-LKPD berbantuan *Liveworksheets* memberikan kontribusi terhadap kemudahan penggunaan media digital dan penerimaan peserta didik dalam proses pembelajaran (Utami et al., 2024). Akan tetapi, hasil kajian tersebut lebih banyak membahas peningkatan pemahaman konsep sehingga tidak digunakan sebagai dasar untuk menyimpulkan peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik.

Berdasarkan hasil uji kepraktisan dan masukan yang diperoleh selama implementasi, dilakukan beberapa penyempurnaan pada produk, antara lain memperjelas petunjuk penggunaan, memperbaiki tata letak beberapa halaman, dan mengoptimalkan tampilan LKPD agar lebih mudah digunakan pada implementasi berikutnya.

D. Potensi Efektivitas pada Uji Coba

Potensi efektivitas lembar kerja interaktif berbasis STEM dianalisis melalui uji coba menggunakan desain *One Group Pretest-Posttest Design*. Desain ini digunakan untuk menggambarkan perubahan kemampuan berpikir kritis peserta didik sebelum dan sesudah penggunaan lembar kerja yang dikembangkan.

Kemampuan berpikir kritis peserta didik diukur menggunakan tes yang diberikan sebelum (pretest) dan sesudah (posttest) penggunaan lembar kerja. Hasil tes kemudian dianalisis secara deskriptif menggunakan nilai rata-rata dan skor *N-Gain* untuk menggambarkan besarnya peningkatan kemampuan peserta didik setelah mengikuti pembelajaran.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Pretest, Posttest, dan *N-Gain*

Rata-rata Nilai Pretest	Rata-rata Nilai Posttest	<i>N-Gain</i>	Kriteria
79,46	87,75	0,397	Sedang

Berdasarkan tabel 5, rata-rata nilai peserta didik meningkat dari 79,46 pada pretest menjadi 87,75 pada posttest. Perhitungan *N-Gain* menghasilkan nilai 0,397 yang berada pada kategori sedang. Hasil tersebut menunjukkan adanya potensi peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik setelah menggunakan lembar kerja interaktif berbasis STEM pada uji coba terbatas.

Hasil uji coba menunjukkan adanya peningkatan rata-rata kemampuan berpikir kritis peserta didik setelah menggunakan lembar kerja interaktif berbasis STEM. Nilai *N-Gain* sebesar 0,397 termasuk dalam kategori sedang, sehingga mengindikasikan bahwa penggunaan lembar kerja memiliki potensi untuk mendukung peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi jangkauan, kuartil, dan interkuartil.

Peningkatan tersebut diduga berkaitan dengan karakteristik lembar kerja yang mengintegrasikan aktivitas STEM, penyelesaian masalah kontekstual, dan penggunaan media interaktif berbasis *Liveworksheets*. Hasil penelitian ini sejalan dengan beberapa penelitian terdahulu yang melaporkan bahwa penggunaan LKPD berbasis STEM berpotensi meningkatkan kualitas pembelajaran matematika (Heldalia et al., 2025; Isra et al., 2025; Widiarti & Jaelani, 2026).

Namun demikian, besarnya peningkatan pada penelitian ini berada pada kategori sedang, yang kemungkinan dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kemampuan awal peserta didik yang relatif tinggi, durasi implementasi yang terbatas, serta karakteristik materi yang dipelajari. Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya menunjukkan kesamaan dengan penelitian sebelumnya, tetapi juga memberikan gambaran bahwa besarnya peningkatan kemampuan berpikir kritis dapat dipengaruhi oleh desain penelitian, karakteristik sampel, dan konteks pembelajaran. Berdasarkan hasil tersebut, LKPD interaktif berbasis STEM menunjukkan potensi untuk digunakan sebagai bahan ajar pendukung dalam pembelajaran matematika di SMK.

Temuan tersebut juga didukung oleh hasil *systematic literature review* yang dilakukan oleh Kintoko et al. (2022) yang menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis memiliki keterkaitan yang erat dengan literasi numerasi dalam pembelajaran matematika. Kajian tersebut menjelaskan bahwa pembelajaran yang memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk menginterpretasikan informasi, menganalisis permasalahan, mengevaluasi berbagai alternatif penyelesaian, dan menarik kesimpulan secara logis berkontribusi terhadap pengembangan kemampuan berpikir kritis. Aktivitas tersebut telah diakomodasi dalam LKPD interaktif berbasis STEM melalui penyelesaian

masalah kontekstual dan analisis data sehingga mendukung potensi peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik.

Selain itu, temuan tersebut juga menunjukkan bahwa penggunaan LKPD interaktif tidak hanya mendukung peningkatan hasil belajar, tetapi juga memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis melalui aktivitas penyelidikan, analisis, dan pemecahan masalah secara bertahap. Hasil ini sejalan dengan penelitian Wahyuni et al. (2024) yang melaporkan bahwa E-LKPD interaktif berbasis Liveworksheet mampu memfasilitasi kemampuan pemecahan masalah matematika melalui aktivitas belajar yang lebih aktif dan terstruktur.

Selain itu, aktivitas pembelajaran yang mengintegrasikan tahapan *Science, Technology, Engineering*, dan *Mathematics* memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengidentifikasi permasalahan, merancang strategi penyelesaian, mengevaluasi hasil, dan menyusun kesimpulan berdasarkan data yang diperoleh. Aktivitas tersebut berkontribusi terhadap berkembangnya kemampuan berpikir tingkat tinggi karena peserta didik tidak hanya melakukan perhitungan, tetapi juga melakukan penalaran dalam setiap proses penyelesaian masalah. Hasil ini sejalan dengan temuan Ranindita et al. (2024) yang menunjukkan bahwa penggunaan *Liveworksheets* pada pembelajaran matematika mampu mendorong berkembangnya kemampuan berpikir kritis melalui aktivitas yang bersifat interaktif dan kontekstual.

4. SIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan lembar kerja interaktif berbasis STEM berbantuan *Liveworksheets* pada materi jangkauan, kuartil, dan interkuartil untuk peserta didik kelas X SMK menggunakan model ADDIE yang meliputi tahap *Analysis, Design, Development, Implementation*, dan *Evaluation*. Hasil validasi menunjukkan bahwa produk memperoleh persentase 85,45% pada validasi ahli materi dan 87,27% pada validasi ahli media, sehingga termasuk dalam kategori sangat valid. Selain itu, hasil respon peserta didik menunjukkan persentase kepraktisan sebesar 72,53% dengan kategori praktis yang mengindikasikan bahwa lembar kerja dapat digunakan sebagai bahan ajar pendukung dalam pembelajaran matematika pada materi jangkauan, kuartil, dan interkuartil.

Hasil uji coba menunjukkan adanya peningkatan rata-rata kemampuan berpikir kritis peserta didik dari 79,46 pada pretest menjadi 87,75 pada posttest dengan nilai *N-Gain* sebesar 0,397 yang termasuk dalam kategori sedang. Hasil tersebut menunjukkan potensi efektivitas penggunaan lembar kerja interaktif berbasis STEM dalam mendukung peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh, LKPD interaktif berbasis STEM berbantuan *Liveworksheets* pada materi jangkauan, kuartil, dan interkuartil menunjukkan potensi untuk digunakan sebagai salah satu alternatif bahan ajar digital dalam pembelajaran matematika di SMK. Penelitian ini berkontribusi dalam mengisi kesenjangan penelitian dengan menghadirkan LKPD interaktif yang mengintegrasikan pendekatan STEM dan platform *Liveworksheets* pada materi statistika yang masih terbatas dikembangkan dan dievaluasi pada jenjang SMK. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produk yang dikembangkan memenuhi aspek validitas, kepraktisan, dan memiliki potensi efektivitas dalam mendukung kemampuan berpikir kritis peserta didik. Meskipun demikian, Simpulan ini dibatasi pada aspek yang diukur dalam penelitian, yaitu validitas, kepraktisan, dan potensi efektivitas pada uji coba.

Referensi

Apriani, N. S., Nurdin, I. T., & Yuliani, A. (2024). *The Development of Liveworksheets-Assisted Discovery Learning Model Worksheets for Improving Student's Critical Thinking Ability*. 7(4), 424–437. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v13i4.9364>

- Basri, Y., Irhasyuarina, Y., Khairunnisa, Y., Lambung, U., Banjarmasin, M., Selatan, K., & Kritis, K. B. (2024). *Pengembangan E-LKPD Berbasis Liveworksheets untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik pada Materi Green Chemistry*. 4, 54–65. <https://doi.org/10.20527/jbse.v4i2.265>
- Branch, R. M. (2009). *Instructional Design: The ADDIE Approach*. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-09506-6>
- Bybee, R. W. . (2013). *The case for STEM education : challenges and opportunities*. National Science Teachers Association.
- Cahya, I. C., Safrida, L. N., Yudianto, E., & Wihardjo, E. (2024). *Pengembangan E-LKPD Interaktif Berbasis Liveworksheets dalam Pembelajaran Berdiferensiasi pada Materi Limas Fase D*. 7(November), 251–268. <https://doi.org/10.21274/jtm.2024.7.2.251-268>
- Cholid, F., & Peni, N. R. N. (2024). *Pengembangan E-LKPD Berbasis PBL Menggunakan Liveworksheet untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis pada Materi Ukuran Pemusatan Data*. 2682(2), 219–228. doi: <http://dx.doi.org/10.30998/jkpm.v9i2.22945>
- Christina, V. B., & Kristin, F. (2024). *Pengembangan E-LKPD Berbasis Liveworksheet Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dalam Pembelajaran IPAS Materi Letak Geografis Wilayah Indonesia Kelas V SD*. 7(September), 10677–10682. <https://doi.org/10.54371/jiip.v7i9.5473>
- Facione, P. A. ., & Gittens, C. A. (2016). *Think critically*. Pearson.
- Firdaus, F. M., Fadhilah, N., Wuryandari, I. T., & Fadhli, R. (2024). *Liveworksheet Interactive E-Module Effect on Equal Fractions Comprehension at 4 th Grade Elementary School*. 12(1), 156–164. <http://dx.doi.org/10.21831/jpe.v12i1.64526>
- Hake, R. R. (1998). *Interactive-engagement versus traditional methods : A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses Interactive-engagement versus traditional methods : A six-thousand-student survey of mechanics test data for introduc*. 64. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Heldalia, Jumadi, & Wiyatmo, Y. (2025). *Development of E-Student Worksheet Based on Problem-Based Learning Model Using Liveworksheet Platform to Improve Students ' Critical Thinking Skills*. 13(3), 614–627. <https://doi.org/10.26618/dy8yov74>
- Isra, S., Syukri, M., Saminan, Maghfirah, S., & Hamid, A. (2025). *Enhancing Critical Thinking Skill Through STEM E-LKPD Assisted by Liveworksheets on Advanced Clarification Indicators*. 10(2), 274–283. <https://doi.org/10.59052/edufisika.v10i2.45973>
- Kemendikbudristek. (2022). *Kurikulum Merdeka*.
- Kintoko, K., Waluya, S. B., Junaedi, I., & Dewi, N. R. (2022). *Literasi Numerasi dan Berpikir Kritis : Systematic Literature Review*. 579–584. <http://pps.unnes.ac.id/pps2/prodi/prosiding-pascasarjana-unnes%0ALiterasi>
- Nirwana, N. I., & Andriani, A. (2024). *Pengembangan E-LKPD Interaktif Berbantuan Liveworksheets untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa*. 4(September), 1210–1225. <https://doi.org/10.51574/kognitif.v4i3.2137>
- OECD. (2022). *PISA 2022 Results Volume 1: The State Of Learning and Equity in Education: Vol. I*. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Plomp, T., & Nieveen, N. (2013). *Educational Design Research*.
- Ranindita, M. R., Dewi, P. K., & Mahayukti, G. A. (2024). *Optimalisasi Penggunaan Liveworksheet untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa pada Materi Bilangan Bulat*. 6(April), 109–118. <https://doi.org/10.31949/dm.v6i1.8981>

- Sofia, Darmawijoyo, Somakim, Indaryanti, & Kurniadi, E. (2025). *Development of Interactive Worksheet Based on STEM Learning in Senior High School*. 2024. https://doi.org/10.2991/978-2-38476-390-0_49
- Sugandi, A. I., Sofyan, D., Bernard, M., Widiarti, D., & Linda. (2024). *Pengembangan E-LKPD Berbasis PBL Berbantuan Web Liveworksheets untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Matematis*. 13(4), 1215–1227. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v13i4.9364>
- Thibaut, L., Ceuppens, S., Loof, H. De, Meester, J. De, Goovaerts, L., & Brussel, V. U. (2018). *Integrated STEM Education : A Systematic Review of Instructional Practices in Secondary Education*. 3(1), 1–12. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/85525>
- Utami, M., Refianti, R., & Luthfiana, M. (2024). *SYTEMATIC LITERATURE REVIEW : E-LKPD BERBANTUAN LIVEWORKSHEETS UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN KONSEP MATEMATIS PESERTA DIDIK*. 9, 97–109. <https://doi.org/10.23969/symmetry.v9i1.15859>
- Wahyuni, I. A. G. S., Astawa, I. W. P., & Suharta, I. G. P. (2024). *Pengembangan E-LKPD Interaktif Berbasis Liveworksheet untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematika Siswa pada Materi Persamaan dan Pertidaksamaan Linear*. 14, 489–497. <https://doi.org/10.37630/jpm.v14i2.1634>
- Wibisana, I. M. A. P., Suardana, I. N., & Sastaridana, D. K. (2022). *Pengembangan E-Modul Pembelajaran IPA SMP Kelas VII Berbasis Komik Berpendekatan Jelajah Alam Sekitar untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa*. 12(September), 700–713. <https://doi.org/10.37630/jpm.v12i3.632>
- Widiarti, H. W., & Jaelani, A. (2026). *Effectiveness of contextualized digital worksheets (e-lkpd) using liveworksheets to enhance mathematical critical thinking and self- regulated learning*. 6(2), 134–151. <https://doi.org/10.58524/jasme.v6i2.1180>
- Widyawati, S., Putra, F. G., & Bkti, M. F. (2024). *Integrating liveworksheets for multirepresentational probability learning : A study on design validity and instructional effectiveness*. 9(2), 117–125. <https://doi.org/10.23917/jramathedu.v9i2.10399>