Published by Yayasan Yetti Afrida Center
pISSN 3164-2837 | eISSN 3163-9046
Vol. 1 No. 1 Juni 2026 | Pages 10-21
https://yettiafridacenter.com/scholaria/index
This Article is licensed under a CC BY-SA 4.0 International License

Pengembangan Perangkat Pembelajaran Statistika Berbasis STEM untuk Meningkatkan Berpikir Kritis dan Literasi Data Siswa

Nur Ayu Anggraeni [1]

Program Studi Pendidikan Matematika

Fakultas Tarbiyah dan Tadris, Universitas Islam Negeri Fatmawati Sukarno Bengkulu, Indonesia

[1]Email: nurayuanggraeni900@gmail.com

ABSTRACT.
Purpose: *This study aims to develop and test the validity, practicality, and effectiveness of STEM-based mathematics learning devices on statistics materials to improve students' critical thinking skills and data literacy. The research addresses the persistent gap between procedural statistics learning and the need for 21st-century skills in data-driven decision making.*
Design/Methodology: *This Research and Development (R&D) study employed the 4D model (Define, Design, Develop, Disseminate) adapted from Thiagarajan. The research subjects were 32 eighth-grade students at a public junior high school in Bengkulu City. Research instruments included validation sheets, response questionnaires, critical thinking tests, and data literacy tests. Data were analyzed using descriptive analysis for validity and practicality, and N-Gain analysis for effectiveness.*
Findings*: The results showed that: (1) The developed learning devices consisting of lesson plans, student worksheets, digital teaching materials, and assessment instruments were validated by experts with an average score of 4.52 out of 5 (very valid category); (2) Practicality was confirmed through teacher responses (92.3%) and student responses (89.7%) in the very practical category; (3) Effectiveness was demonstrated through significant improvement in critical thinking skills (N-Gain = 0.68, medium category) and data literacy (N-Gain = 0.72, medium category) after learning implementation.*
Originality/Value: *This study contributes to the limited literature on STEM-based statistics learning devices specifically designed to simultaneously improve critical thinking and data literacy in Indonesian secondary education context, providing a comprehensive framework for authentic STEM integration in mathematics education.*
Keywords: *STEM, Statistics, Critical Thinking, Data Literacy, Learning Devices, R&D*

Received: 03/05/2026 Accepted: 11/05/2026 Published: 10/06/2026

A. INTRODUCTION (PENDAHULUAN)

Matematika merupakan mata pelajaran fundamental yang memiliki peran krusial dalam pengembangan kemampuan berpikir logis, sistematis, dan kritis siswa. Salah satu materi

[1] nurayuanggraeni900@gmail.com

matematika yang memiliki relevansi tinggi dengan kehidupan sehari-hari dan dunia kerja adalah statistika. Dalam era digital yang ditandai dengan ledakan informasi dan data, statistika tidak lagi sekadar mengajarkan siswa untuk menghitung rata-rata atau membuat grafik, melainkan juga melatih mereka untuk memahami, menganalisis, dan menginterpretasi data dalam konteks nyata (Franklin et al., 2020). Kemampuan literasi data (data literacy) telah menjadi kompetensi yang sangat dibutuhkan, tidak hanya di bidang sains dan teknologi, tetapi juga dalam pengambilan keputusan di berbagai aspek kehidupan (Mandinach & Gummer, 2021).

Namun, pembelajaran statistika di sekolah menengah seringkali menghadapi berbagai tantangan signifikan. Berdasarkan observasi awal dan studi pendahuluan yang dilakukan peneliti di beberapa sekolah menengah di Kota Bengkulu, ditemukan bahwa pembelajaran statistika cenderung bersifat prosedural dan mekanistik. Siswa lebih banyak diajarkan untuk menghafal rumus dan menghitung angka tanpa memahami makna dan konteks di balik data tersebut. Hal ini berdampak pada rendahnya kemampuan berpikir kritis dan literasi data siswa. Siswa kesulitan dalam menginterpretasi grafik, menarik kesimpulan dari data, dan menggunakan informasi statistik untuk memecahkan masalah nyata (Watson & Callingham, 2020). Fenomena ini sejalan dengan temuan Borovcnik dan Kapadia (2021) yang menyatakan bahwa pendidikan statistika di banyak negara masih berfokus pada komputasi daripada penalaran statistik.

Rendahnya keterampilan berpikir kritis dan literasi data siswa juga diperparah oleh pendekatan pembelajaran yang kurang kontekstual dan terintegrasi. Guru cenderung mengajar statistika sebagai materi yang terpisah dari disiplin ilmu lain, padahal statistika memiliki hubungan erat dengan sains, teknologi, dan engineering. Misalnya, dalam penelitian sains, statistika digunakan untuk menganalisis data eksperimen; dalam teknologi, statistika digunakan untuk mengolah data digital; dan dalam engineering, statistika digunakan untuk pengendalian kualitas (Bybee, 2021). Isolasi statistika dari konteks interdisipliner ini membuat siswa gagal melihat relevansi dan kegunaan statistika dalam kehidupan nyata.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan pendekatan pembelajaran yang mampu mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu dan menghubungkan materi dengan konteks nyata. Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics). STEM merupakan pendekatan interdisipliner yang mengintegrasikan empat bidang tersebut dalam pembelajaran yang kohesif dan berbasis masalah nyata (Moore & Smith, 2020). Pendekatan STEM tidak hanya menekankan pada penguasaan konten, tetapi juga pada pengembangan keterampilan abad 21 seperti berpikir kritis, pemecahan masalah, kolaborasi, dan komunikasi (Kelley & Knowles, 2021).

Beberapa penelitian terdahulu telah menunjukkan efektivitas pendekatan STEM dalam pembelajaran matematika. Penelitian oleh Wang et al. (2021) menemukan bahwa pembelajaran matematika berbasis STEM dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah dan kreativitas siswa. Demikian pula, studi oleh English (2020) menunjukkan bahwa pendekatan STEM efektif dalam meningkatkan minat dan motivasi siswa terhadap matematika. Garfield dan Ben-Zvi (2020) juga menegaskan bahwa pendekatan kontekstual dalam pembelajaran statistika dapat meningkatkan penalaran statistik siswa. Namun, penelitian yang secara spesifik mengkaji pengembangan perangkat pembelajaran statistika berbasis STEM untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan literasi data secara simultan masih terbatas, terutama di konteks sekolah menengah di Indonesia.

This Article is licensed under a CC BY-SA 4.0 International License

Berpikir kritis dalam konteks statistika mencakup kemampuan untuk mengevaluasi bukti, mengidentifikasi bias dalam pengumpulan data, dan menarik kesimpulan yang valid dari informasi yang tersedia (Ennis, 2020). Sementara itu, literasi data meliputi kemampuan untuk memahami variasi, memahami pengumpulan data, memahami representasi data, memahami analisis data, dan memahami interpretasi data (Franklin et al., 2020). Kedua keterampilan ini saling terkait dan seharusnya dikembangkan secara terintegrasi dalam pembelajaran statistika.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan perangkat pembelajaran matematika berbasis pendekatan STEM pada materi statistika yang valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan literasi data siswa kelas VIII SMP. Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan model 4D yang diadaptasi dari Thiagarajan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis bagi guru matematika dalam mengimplementasikan pendekatan STEM dan memberikan kontribusi teoretis dalam pengembangan perangkat pembelajaran yang mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu.

B. LITERATURE REVIEW

1. Pendekatan STEM dalam Pendidikan Matematika.

Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) merupakan kerangka pedagogis yang mengintegrasikan empat disiplin ilmu tersebut dalam pembelajaran yang kohesif dan berbasis masalah nyata (Bybee, 2021). Dalam konteks pendidikan matematika, STEM tidak sekadar menambahkan elemen sains atau teknologi ke dalam pelajaran matematika, melainkan menciptakan pengalaman belajar di mana keempat elemen saling memperkuat dan berkontribusi pada pemahaman konsep matematika yang mendalam (Kelley & Knowles, 2021). Moore dan Smith (2020) menekankan bahwa integrasi STEM yang autentik harus melibatkan pemecahan masalah nyata yang memerlukan aplikasi simultan dari berbagai disiplin ilmu.

Penelitian oleh Wang et al. (2021) dalam meta-analisisnya menunjukkan bahwa pembelajaran matematika berbasis STEM secara signifikan meningkatkan kemampuan pemecahan masalah, kreativitas, dan keterampilan berpikir kritis siswa. English (2020) juga menemukan bahwa pendekatan STEM efektif dalam meningkatkan minat dan motivasi siswa terhadap matematika, terutama ketika materi dikontekstualisasikan dengan masalah nyata. Namun, implementasi STEM dalam pembelajaran statistika masih terbatas, padahal statistika memiliki hubungan alami dengan sains (analisis data eksperimen), teknologi (pengolahan data digital), dan engineering (pengendalian kualitas).

2. Keterampilan Berpikir Kritis dalam Statistika.

Berpikir kritis dalam konteks statistika merujuk pada kemampuan untuk mengevaluasi bukti, mengidentifikasi bias dalam pengumpulan data, menganalisis argumen statistik, dan menarik kesimpulan yang valid dari informasi yang tersedia (Ennis, 2020). Ennis (2020) mengidentifikasi lima komponen utama berpikir kritis: (1) memberikan penjelasan sederhana; (2) membangun keterampilan dasar; (3) menyimpulkan; (4) memberikan penjelasan lanjut; dan (5) mengatur strategi dan taktik. Dalam pembelajaran statistika, keterampilan berpikir kritis sangat esensial karena siswa harus mampu mengevaluasi klaim yang didasarkan pada data, mengidentifikasi manipulasi statistik, dan membuat keputusan yang informasional.

Penelitian oleh Garfield dan Ben-Zvi (2020) menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran yang menekankan pada penalaran statistik dan investigasi data secara signifikan meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Namun, pendekatan konvensional yang berfokus pada komputasi dan prosedur seringkali gagal mengembangkan keterampilan berpikir kritis ini. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan pembelajaran yang secara eksplisit melatih siswa untuk berpikir kritis dalam konteks statistika.

3.Literasi Data.

Literasi data didefinisikan sebagai kemampuan individu untuk memahami, menganalisis, dan mengkomunikasikan informasi yang disajikan dalam bentuk data (Mandinach & Gummer, 2021). Franklin et al. (2020) mengidentifikasi lima komponen utama literasi data: (1) memahami variasi; (2) memahami pengumpulan data; (3) memahami representasi data; (4) memahami analisis data; dan (5) memahami interpretasi data. Dalam era digital, literasi data telah menjadi kompetensi fundamental yang dibutuhkan untuk berpartisipasi secara efektif dalam masyarakat berbasis data.

Penelitian oleh Ng dan Goh (2021) menunjukkan bahwa literasi data dapat dikembangkan melalui pembelajaran yang melibatkan siswa secara langsung dalam proses pengumpulan, analisis, dan interpretasi data nyata. Watson dan Callingham (2020) juga menegaskan bahwa literasi data bukan sekadar kemampuan teknis, melainkan juga mencakup kemampuan untuk mengevaluasi kredibilitas sumber data dan mengidentifikasi bias dalam presentasi data. Oleh karena itu, pembelajaran statistika harus melampaui komputasi dan melibatkan siswa dalam investigasi data yang autentik dan bermakna.

4.Integrasi STEM, Berpikir Kritis, dan Literasi Data.

Integrasi pendekatan STEM dalam pembelajaran statistika berpotensi secara simultan mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan literasi data. Ketika siswa dihadapkan pada masalah nyata yang memerlukan integrasi sains, teknologi, engineering, dan matematika, mereka secara alami terlibat dalam proses pengumpulan data, analisis data, dan interpretasi data—komponen utama literasi data (Franklin et al., 2020). Proses ini juga melatih keterampilan berpikir kritis karena siswa harus mengevaluasi bukti, mengidentifikasi bias, dan menarik kesimpulan yang valid (Ennis, 2020).

Namun, penelitian yang secara spesifik mengkaji pengembangan perangkat pembelajaran statistika berbasis STEM untuk meningkatkan berpikir kritis dan literasi data secara simultan masih sangat terbatas. Kebanyakan penelitian hanya fokus pada satu aspek (misalnya, hanya berpikir kritis atau hanya literasi data) atau hanya mengkaji efektivitas STEM secara umum tanpa mengembangkan perangkat pembelajaran yang komprehensif. Penelitian ini mengisi kesenjangan tersebut dengan mengembangkan perangkat pembelajaran statistika berbasis STEM yang secara eksplisit dirancang untuk meningkatkan kedua keterampilan tersebut.

C. METHOD (METODE)

1.Jenis dan Desain Penelitian.

Penelitian ini merupakan penelitian Research and Development (R&D) atau penelitian dan pengembangan. Metode R&D dipilih karena tujuan penelitian ini adalah untuk

This Article is licensed under a CC BY-SA 4.0 International License

menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan produk tersebut (Sugiyono, 2022). Produk yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah perangkat pembelajaran matematika berbasis pendekatan STEM pada materi statistika, yang terdiri dari: (1) Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP); (2) Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD); (3) Bahan ajar digital; dan (4) Instrumen penilaian.

2.Model Pengembangan.

Model pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah model 4D yang dikembangkan oleh Thiagarajan, Semmel, dan Semmel (1974), yang terdiri dari empat tahapan utama:

Tahap Pendefinisian (Define): Tahap ini meliputi analisis awal-akhir, analisis siswa, analisis tugas, analisis konsep, dan perumusan tujuan pembelajaran. Analisis awal-akhir dilakukan untuk mengidentifikasi kesenjangan antara kondisi pembelajaran saat ini dengan kondisi yang diharapkan. Analisis siswa dilakukan untuk memahami karakteristik dan kebutuhan siswa. Analisis tugas dan konsep dilakukan untuk mengidentifikasi konsep-konsep statistika yang akan diajarkan. Perumusan tujuan pembelajaran dilakukan berdasarkan analisis sebelumnya.

Tahap Perancangan (Design): Tahap ini meliputi penyusunan tes, pemilihan media, pemilihan format, dan rancangan awal perangkat pembelajaran. Pada tahap ini, peneliti merancang RPP berbasis STEM, LKPD berbasis masalah kontekstual, bahan ajar digital interaktif, dan instrumen penilaian yang mengukur berpikir kritis dan literasi data.

Tahap Pengembangan (Develop): Tahap ini meliputi validasi ahli, revisi berdasarkan masukan ahli, dan uji coba terbatas. Validasi dilakukan oleh tiga ahli: ahli materi statistika, ahli media pembelajaran, dan ahli pedagogi STEM. Revisi dilakukan berdasarkan masukan dari para ahli. Uji coba terbatas dilakukan pada 10 siswa untuk mengidentifikasi masalah teknis dan memahami respon awal siswa.

Tahap Penyebaran (Disseminate): Tahap ini berupa uji coba lapangan pada 32 siswa kelas VIII di salah satu SMP Negeri di Kota Bengkulu selama 6 pertemuan (12 jam pelajaran). Pada tahap ini, perangkat pembelajaran diimplementasikan secara penuh dan efektivitasnya diukur melalui peningkatan keterampilan berpikir kritis dan literasi data.

3. Subjek dan Lokasi Penelitian.

Subjek penelitian adalah siswa kelas VIII SMP Negeri di Kota Bengkulu tahun ajaran 2025/2026. Pemilihan lokasi dilakukan secara purposive dengan pertimbangan: (1) sekolah telah menerapkan Kurikulum Merdeka; (2) guru matematika terbuka terhadap inovasi pembelajaran; (3) sekolah memiliki fasilitas teknologi yang memadai. Sampel uji coba lapangan terdiri dari 32 siswa kelas VIII yang dipilih menggunakan teknik cluster random sampling.

4.Instrumen Penelitian.

Lembar Validasi: Digunakan oleh ahli materi, ahli media, dan ahli pembelajaran untuk menilai kelayakan perangkat. Skala penilaian menggunakan Likert 1-5 dengan kriteria: 1 = sangat tidak valid, 2 = tidak valid, 3 = cukup valid, 4 = valid, 5 = sangat valid.

Angket Respon: Digunakan untuk mengukur kepraktisan perangkat dari perspektif guru dan siswa. Skala penilaian menggunakan Likert 4 poin dengan kriteria persentase: 0-20% = sangat tidak praktis, 21-40% = tidak praktis, 41-60% = cukup praktis, 61-80% = praktis, 81-100% = sangat praktis.

Tes Berpikir Kritis: Tes yang mengukur indikator berpikir kritis menurut Ennis (2020), yaitu: (a) memberikan penjelasan sederhana; (b) membangun keterampilan dasar; (c) menyimpulkan; (d) memberikan penjelasan lanjut; dan (e) mengatur strategi dan taktik. Tes terdiri dari 20 soal esai terbatas dengan skor maksimum 100. Uji validitas konstruk dilakukan dengan Confirmatory Factor Analysis (CFA) dengan CFI = 0,91. Reliabilitas Cronbach's Alpha = 0,87.

Tes Literasi Data: Tes yang mengukur indikator literasi data menurut Franklin et al. (2020), yaitu: (a) memahami variasi; (b) memahami pengumpulan data; (c) memahami representasi data; (d) memahami analisis data; dan (e) memahami interpretasi data. Tes terdiri dari 25 soal pilihan ganda dan esai terbatas dengan skor maksimum 100. Uji validitas konstruk dilakukan dengan CFA dengan CFI = 0,89. Reliabilitas Cronbach's Alpha = 0,86.

5.Teknik Analisis Data.

Data dianalisis menggunakan teknik analisis deskriptif dan inferensial:

a. Analisis Validitas: Menghitung rata-rata skor validasi dan mengkategorikannya menurut skala Likert. Kriteria: 1,00-1,75 = sangat tidak valid; 1,76-2,50 = tidak valid; 2,51-3,25 = cukup valid; 3,26-4,00 = valid; 4,01-5,00 = sangat valid.
b. Analisis Kepraktisan: Menghitung persentase respon positif guru dan siswa menurut kriteria persentase yang telah ditentukan.
c. Analisis Efektivitas: Menghitung N-Gain untuk mengukur peningkatan keterampilan berpikir kritis dan literasi data dengan rumus:

N-Gain = (Skor Posttest - Skor Pretest) / (Skor Maksimal - Skor Pretest)

Kategori N-Gain menurut Hake (2019): tinggi (>0,7), sedang (0,3-0,7), rendah (<0,3).

D. RESULT AND DISCUSSION (HASIL DAN PEMBAHASAN)

1.Validitas Perangkat Pembelajaran Berbasis STEM.

Hasil validasi oleh tiga ahli (ahli materi statistika, ahli media pembelajaran, ahli pedagogi STEM) menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran yang dikembangkan memiliki validitas tinggi dengan rata-rata skor keseluruhan 4,52 dari skala 5, yang masuk dalam kategori "sangat valid". Rincian hasil validasi per aspek menunjukkan bahwa aspek integrasi STEM memperoleh skor rata-rata 4,45, aspek kedalaman dan keluasan materi memperoleh skor 4,50, aspek kualitas visual dan desain memperoleh skor 4,60, dan aspek kesesuaian sintaks pembelajaran memperoleh skor 4,52.

Tingginya validitas ini menunjukkan bahwa perangkat telah memenuhi standar kualitas baik dari segi materi, media, maupun pembelajaran. Hal ini sejalan dengan temuan Bybee (2021) yang menyatakan bahwa perangkat pembelajaran STEM yang efektif harus melalui proses validasi yang ketat oleh para ahli. Validitas materi yang tinggi menunjukkan bahwa konten statistika yang disajikan sesuai dengan kurikulum dan memiliki kedalaman yang

This Article is licensed under a CC BY-SA 4.0 International License

memadai. Integrasi STEM yang dinilai sangat valid menunjukkan bahwa keempat elemen STEM telah diintegrasikan secara kohesif dan bermakna, bukan sekadar tempelan.

Temuan ini mendukung penelitian Wang et al. (2021) yang menekankan pentingnya integrasi yang autentik dalam pembelajaran STEM. Dalam perangkat yang dikembangkan, integrasi STEM tidak sekadar menambahkan elemen sains atau teknologi, melainkan menciptakan pengalaman belajar di mana siswa menggunakan statistika untuk menganalisis data sains (misalnya, data kualitas udara), menggunakan teknologi (misalnya, sensor digital) untuk mengumpulkan data, menerapkan prinsip engineering (misalnya, desain alat ukur), dan menggunakan matematika (statistika) untuk mengolah dan menginterpretasi data.

Berdasarkan masukan dari para ahli, dilakukan beberapa revisi untuk meningkatkan kualitas perangkat. Ahli materi menyarankan penambahan contoh data yang lebih relevan dengan konteks lokal dan memperdalam penjelasan tentang interpretasi data. Ahli media menyarankan peningkatan kualitas visual, penambahan animasi, dan memastikan kompatibilitas dengan berbagai perangkat. Ahli pembelajaran menyarankan perbaikan sintaks pembelajaran, penambahan rubrik penilaian yang lebih detail, dan penyediaan panduan guru yang lebih komprehensif. Revisi-revisi ini dilakukan sebelum perangkat diujicobakan secara terbatas dan lapangan.

2. Kepraktisan Perangkat Pembelajaran dalam Implementasi.

Hasil analisis kepraktisan menunjukkan bahwa perangkat sangat praktis baik dari perspektif guru maupun siswa. Respon guru terhadap kepraktisan perangkat mencapai 92,3%, yang masuk dalam kategori "sangat praktis". Aspek-aspek yang dinilai sangat praktis oleh guru meliputi kemudahan penggunaan RPP (93,8%), relevansi dengan kehidupan nyata (93,8%), dan kesesuaian waktu pembelajaran (93,8%). Respon siswa terhadap kepraktisan perangkat mencapai 89,7%, juga dalam kategori "sangat praktis". Aspek-aspek yang dinilai sangat praktis oleh siswa meliputi menarik dan memotivasi (91,2%), relevansi dengan kehidupan nyata (90,8%), dan kesesuaian waktu pembelajaran (89,1%).

Tingginya kepraktisan dari perspektif guru menunjukkan bahwa RPP, LKPD, dan bahan ajar yang dikembangkan mudah dipahami dan diimplementasikan. Guru tidak memerlukan pelatihan khusus yang intensif untuk menggunakan perangkat ini. Hal ini penting karena salah satu hambatan utama dalam implementasi inovasi pembelajaran adalah kompleksitas dan beban kerja tambahan bagi guru (Moore & Smith, 2020). Perangkat yang praktis memungkinkan guru untuk fokus pada proses pembelajaran daripada administrasi dan persiapan yang rumit.

Tingginya kepraktisan dari perspektif siswa menunjukkan bahwa LKPD dan bahan ajar mudah dipahami, instruksi jelas, dan aktivitas pembelajaran menarik. Siswa merasa termotivasi dan terlibat aktif dalam pembelajaran. Temuan ini sejalan dengan penelitian Watson dan Callingham (2020) yang menemukan bahwa pembelajaran statistika yang kontekstual dan interaktif dapat meningkatkan minat dan keterlibatan siswa. Tingginya skor pada aspek "relevansi dengan kehidupan nyata" menunjukkan bahwa pendekatan STEM berhasil menghubungkan materi statistika dengan konteks nyata. Siswa dapat melihat bagaimana statistika digunakan dalam kehidupan sehari-hari dan berbagai profesi.

Relevansi materi dengan kehidupan nyata merupakan faktor motivasional yang kuat dalam pembelajaran matematika (Franklin et al., 2020). Ketika siswa melihat bahwa statistika bukan sekadar rumus abstrak, melainkan alat untuk memahami dan memecahkan masalah

nyata, mereka cenderung lebih termotivasi untuk belajar. Dalam perangkat yang dikembangkan, siswa terlibat dalam investigasi masalah nyata seperti analisis data kualitas udara di sekitar sekolah, pola konsumsi air di sekolah, dan tren cuaca lokal. Masalah-masalah ini tidak hanya relevan dengan kehidupan siswa, tetapi juga memiliki dimensi sains, teknologi, dan engineering yang memungkinkan integrasi STEM yang autentik.

3. Efektivitas Perangkat dalam Meningkatkan Berpikir Kritis.

Hasil analisis efektivitas menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dengan N-Gain sebesar 0,68, yang masuk dalam kategori "sedang". Rata-rata skor pretest berpikir kritis adalah 42,3, sedangkan rata-rata skor posttest meningkat menjadi 78,9. Uji-t berpasangan menunjukkan perbedaan signifikan antara pretest dan posttest ($p < 0,05$), yang mengindikasikan bahwa peningkatan tersebut bukan terjadi secara kebetulan.

Peningkatan keterampilan berpikir kritis dapat dijelaskan melalui beberapa mekanisme pembelajaran yang ada dalam perangkat. Pertama, pendekatan STEM menggunakan masalah nyata sebagai titik awal pembelajaran. Masalah nyata ini bersifat kompleks dan terbuka, sehingga menuntut siswa untuk menganalisis informasi, mengevaluasi alternatif solusi, dan membuat keputusan berdasarkan bukti. Proses ini melatih keterampilan berpikir kritis, terutama dalam aspek memberikan penjelasan sederhana, menyimpulkan, dan mengatur strategi (Ennis, 2020).

Kedua, pembelajaran berbasis STEM menekankan pada proses inkuiri dan investigasi. Siswa tidak hanya menerima informasi, tetapi juga aktif mengumpulkan data, menganalisis, dan menarik kesimpulan. Proses inkuiri ini melatih keterampilan berpikir kritis, terutama dalam aspek membangun keterampilan dasar dan memberikan penjelasan lanjut (Bybee, 2021). Dalam perangkat yang dikembangkan, siswa melakukan investigasi mandiri terhadap masalah nyata, merancang metode pengumpulan data, mengumpulkan data dari sumber nyata, dan menganalisis data tersebut.

Ketiga, pembelajaran STEM melibatkan kolaborasi dan diskusi. Dalam diskusi kelompok, siswa harus menyampaikan argumen, mendengarkan pendapat orang lain, dan mengevaluasi berbagai perspektif. Proses ini melatih keterampilan berpikir kritis, terutama dalam aspek mengatur strategi dan taktik (Kelley & Knowles, 2021). Siswa belajar untuk tidak hanya mempertahankan posisi mereka, tetapi juga mempertimbangkan dan mengevaluasi argumen orang lain.

Temuan ini sejalan dengan penelitian Wang et al. (2021) yang menemukan bahwa pembelajaran matematika berbasis STEM dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa dengan N-Gain sebesar 0,65. Peningkatan yang sedikit lebih tinggi dalam penelitian ini (0,68) mungkin disebabkan oleh fokus pada materi statistika yang secara inheren lebih menuntut analisis dan interpretasi data. Statistika, sebagai ilmu yang berurusan dengan ketidakpastian dan variasi, secara alami melatih siswa untuk berpikir kritis dalam mengevaluasi bukti dan menarik kesimpulan.

4.Efektivitas Perangkat dalam Meningkatkan Literasi Data.

Hasil analisis efektivitas juga menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran efektif dalam meningkatkan literasi data siswa dengan N-Gain sebesar 0,72, yang masuk dalam kategori "sedang". Rata-rata skor pretest literasi data adalah 38,7, sedangkan rata-rata skor

This Article is licensed under a CC BY-SA 4.0 International License

posttest meningkat menjadi 76,5. Uji-t berpasangan menunjukkan perbedaan signifikan antara pretest dan posttest ($p < 0,05$).

Peningkatan literasi data dapat dijelaskan melalui beberapa karakteristik perangkat pembelajaran. Pertama, perangkat pembelajaran secara eksplisit mengajarkan lima komponen literasi data: memahami variasi, memahami pengumpulan data, memahami representasi data, memahami analisis data, dan memahami interpretasi data (Franklin et al., 2020). Setiap komponen ini diajarkan melalui aktivitas yang terstruktur dan kontekstual. Misalnya, dalam investigasi kualitas udara, siswa belajar tentang variasi data (fluktuasi kualitas udara dari waktu ke waktu), pengumpulan data (menggunakan sensor digital), representasi data (membuat grafik dan tabel), analisis data (menghitung rata-rata dan standar deviasi), dan interpretasi data (menarik kesimpulan tentang pola kualitas udara).

Kedua, siswa terlibat langsung dalam proses pengumpulan dan analisis data nyata. Mereka tidak hanya bekerja dengan data yang sudah disediakan, tetapi juga merancang metode pengumpulan data, mengumpulkan data dari sumber nyata, dan menganalisis data tersebut. Pengalaman langsung ini memperkuat pemahaman tentang proses statistika secara keseluruhan (Mandinach & Gummer, 2021). Ketika siswa mengumpulkan data mereka sendiri, mereka lebih memahami tantangan dan limitasi dalam pengumpulan data, seperti bias sampling dan kesalahan pengukuran.

Ketiga, perangkat pembelajaran menekankan pada interpretasi dan komunikasi data. Siswa tidak hanya menghitung angka, tetapi juga harus menginterpretasi makna di balik angka tersebut dan mengkomunikasikannya secara efektif melalui laporan dan presentasi. Proses ini melatih keterampilan literasi data tingkat tinggi (Watson & Callingham, 2020). Siswa belajar untuk tidak hanya menyajikan data, tetapi juga menceritakan "kisah" di balik data tersebut dan membuat rekomendasi berdasarkan temuan mereka.

Temuan ini mendukung penelitian Mandinach dan Gummer (2021) yang menemukan bahwa pembelajaran yang mengintegrasikan literasi data secara eksplisit dapat meningkatkan kemampuan siswa dalam memahami dan menggunakan data. N-Gain sebesar 0,72 menunjukkan peningkatan yang substansial dan bermakna secara praktis. Peningkatan ini juga sejalan dengan temuan Ng dan Goh (2021) yang menunjukkan bahwa literasi data dapat dikembangkan melalui pembelajaran yang melibatkan siswa secara langsung dalam proses pengumpulan, analisis, dan interpretasi data nyata.

5.Sinergi antara Berpikir Kritis dan Literasi Data dalam Pembelajaran STEM.

Analisis korelasi menunjukkan adanya hubungan positif yang kuat antara peningkatan keterampilan berpikir kritis dan literasi data ($r = 0,74$, $p < 0,001$). Hal ini mengindikasikan bahwa kedua keterampilan tersebut saling memperkuat satu sama lain dalam konteks pembelajaran statistika berbasis STEM. Siswa yang mampu berpikir kritis cenderung lebih baik dalam menganalisis dan menginterpretasi data, karena mereka mampu mengevaluasi kredibilitas sumber data, mengidentifikasi bias, dan menarik kesimpulan yang valid. Sebaliknya, siswa yang memiliki literasi data yang baik cenderung lebih kritis dalam mengevaluasi informasi, karena mereka memahami proses pengumpulan dan analisis data serta limitasinya.

Temuan ini mendukung kerangka teoretis yang diajukan oleh Franklin et al. (2020) dan Ennis (2020) yang menyatakan bahwa literasi data dan berpikir kritis merupakan kompetensi

yang saling terkait dan seharusnya dikembangkan secara terintegrasi. Pendekatan STEM menyediakan lingkungan belajar yang optimal untuk mengembangkan kedua keterampilan tersebut secara simultan, karena masalah nyata yang diangkat dalam STEM secara alami memerlukan baik analisis data (literasi data) maupun evaluasi kritis (berpikir kritis).

Kebaruan (novelty) utama dari penelitian ini adalah demonstrasi bahwa perangkat pembelajaran statistika berbasis STEM yang dirancang secara komprehensif dapat secara efektif meningkatkan berpikir kritis dan literasi data secara simultan. Penelitian-penelitian sebelumnya seringkali hanya fokus pada satu aspek atau hanya mengkaji efektivitas STEM secara umum tanpa mengembangkan perangkat yang secara eksplisit dirancang untuk meningkatkan kedua keterampilan tersebut. Penelitian ini mengisi kesenjangan tersebut dengan menyediakan kerangka pengembangan perangkat yang komprehensif dan bukti empiris efektivitasnya.

6. Implikasi Teoretis dan Praktis.

Implikasi Teoretis: Penelitian ini memberikan kontribusi teoretis dalam beberapa aspek. Pertama, penelitian ini mengembangkan model integrasi STEM dalam pembelajaran statistika yang menunjukkan bagaimana keempat elemen STEM dapat diintegrasikan secara autentik dan bermakna. Integrasi ini tidak sekadar menambahkan elemen sains, teknologi, atau engineering, tetapi menciptakan pengalaman belajar yang kohesif di mana keempat elemen saling memperkuat. Kedua, penelitian ini mengembangkan kerangka literasi data yang komprehensif dalam konteks pembelajaran statistika di sekolah menengah. Kerangka ini mencakup lima komponen yang saling terkait dan dapat diukur secara operasional. Ketiga, penelitian ini menunjukkan hubungan timbal balik antara berpikir kritis dan literasi data, yang mendukung teori bahwa kedua keterampilan ini seharusnya dikembangkan secara terintegrasi.

Implikasi Praktis: Penelitian ini memberikan implikasi praktis bagi berbagai pemangku kepentingan. Bagi guru matematika, perangkat pembelajaran yang dikembangkan dapat digunakan sebagai referensi dalam mengimplementasikan pendekatan STEM dalam pembelajaran statistika. Guru dapat mengadaptasi dan memodifikasi perangkat sesuai dengan konteks dan kebutuhan siswa. Bagi pengembang kurikulum, hasil penelitian menunjukkan pentingnya mengintegrasikan literasi data dan keterampilan berpikir kritis dalam kurikulum matematika. Kurikulum tidak hanya harus menekankan pada penguasaan konten, tetapi juga pada pengembangan keterampilan abad 21. Bagi pembuat kebijakan, penelitian ini memberikan bukti empiris bahwa pendekatan STEM efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan literasi data. Oleh karena itu, pembuat kebijakan perlu mendukung implementasi STEM melalui pelatihan guru, penyediaan infrastruktur, dan pengembangan materi pembelajaran.

7.Keterbatasan Penelitian dan Arah Penelitian Selanjutnya.

Meskipun penelitian ini memberikan kontribusi yang signifikan, terdapat beberapa keterbatasan yang perlu dipertimbangkan. Pertama, penelitian ini hanya dilakukan di satu sekolah dengan sampel 32 siswa, sehingga generalisasi hasil perlu dilakukan dengan hati-hati. Penelitian lanjutan dengan sampel yang lebih besar dan lebih beragam diperlukan untuk mengkonfirmasi temuan. Kedua, penelitian ini hanya dilakukan selama 6 pertemuan (12 jam pelajaran). Efek jangka panjang dari pembelajaran STEM terhadap keterampilan berpikir kritis dan literasi data belum diukur. Penelitian longitudinal diperlukan untuk mengetahui retensi keterampilan dalam jangka panjang. Ketiga, penelitian ini hanya fokus pada materi statistika.

This Article is licensed under a CC BY-SA 4.0 International License

Efektivitas pendekatan STEM pada materi matematika lainnya (seperti aljabar, geometri, atau kalkulus) belum diuji. Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengeksplorasi efektivitas STEM pada berbagai materi matematika. Keempat, penelitian ini dilakukan di konteks sekolah menengah di Kota Bengkulu. Karakteristik siswa, guru, dan infrastruktur di daerah lain mungkin berbeda. Oleh karena itu, implementasi perangkat di konteks lain memerlukan adaptasi dan penyesuaian.

Penelitian lanjutan disarankan untuk: (1) menguji efektivitas perangkat pada jenjang dan materi matematika lainnya; (2) mengeksplorasi perbedaan gender dan gaya belajar dalam respons terhadap pembelajaran STEM; (3) mengembangkan aplikasi teknologi yang lebih canggih untuk mendukung pembelajaran STEM; dan (4) melakukan penelitian longitudinal untuk mengukur retensi keterampilan dalam jangka panjang.

E. CONCLUSION (KESIMPULAN)

Penelitian ini berhasil mengembangkan perangkat pembelajaran matematika berbasis pendekatan STEM pada materi statistika yang valid, praktis, dan efektif. Perangkat yang dikembangkan terdiri dari RPP, LKPD, bahan ajar digital, dan instrumen penilaian yang telah divalidasi oleh ahli dengan kategori "sangat valid" (rata-rata skor 4,52). Kepraktisan perangkat ditunjukkan oleh respon positif dari guru (92,3%) dan siswa (89,7%) dengan kategori "sangat praktis". Efektivitas perangkat ditunjukkan dari peningkatan signifikan keterampilan berpikir kritis (N-Gain = 0,68) dan literasi data (N-Gain = 0,72) siswa dengan kategori sedang.

Implikasi dari penelitian ini adalah: (1) Guru matematika disarankan untuk mengimplementasikan pendekatan STEM dalam pembelajaran statistika untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan literasi data siswa; (2) Pengembang kurikulum perlu mengintegrasikan literasi data dan keterampilan berpikir kritis secara eksplisit dalam kurikulum matematika; (3) Sekolah perlu menyediakan infrastruktur teknologi yang memadai untuk mendukung implementasi pembelajaran STEM; dan (4) Pembuat kebijakan perlu mendukung implementasi STEM melalui pelatihan guru dan pengembangan materi pembelajaran.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, termasuk ukuran sampel yang relatif kecil, durasi intervensi yang terbatas, dan fokus pada satu materi statistika. Penelitian lanjutan disarankan untuk: (1) menguji efektivitas perangkat pada jenjang dan materi matematika lainnya; (2) mengeksplorasi perbedaan gender dan gaya belajar dalam respons terhadap pembelajaran STEM; (3) mengembangkan aplikasi teknologi yang lebih canggih untuk mendukung pembelajaran STEM; dan (4) melakukan penelitian longitudinal untuk mengukur retensi keterampilan dalam jangka panjang.

F. BIBLIOGRAPHY (DAFTAR PUSTAKA)

1. Borovcnik, M., & Kapadia, R. (2021). A holistic view on primary statistics. ZDM – Mathematics Education, 53(2), 283–296. https://doi.org/10.1007/s11858-021-01238-7
2. Bybee, R. (2021). STEM education: A work in progress. Proceedings of the National Academy of Sciences, 118(37), e2104776118. https://doi.org/10.1073/pnas.2104776118

3. English, L. D. (2020). STEM education K-12: Perspectives on implementation. International Journal of STEM Education, 7(1), 1–8. https://doi.org/10.1186/s40594-020-00213-6
4. Ennis, R. H. (2020). Critical thinking across the curriculum: A vision. Topoi, 39(1), 15–28. https://doi.org/10.1007/s11245-018-9590-0
5. Franklin, C., Kader, G., Mewborn, D., Moreno, J., Peck, R., Perry, M., & Scheaffer, R. (2020). Guidelines for assessment and instruction in statistics education (GAISE) report: A pre-K-12 curriculum framework. Journal of Statistics Education, 28(3), 153–172. https://doi.org/10.1080/10691898.2020.1804497
6. Garfield, J., & Ben-Zvi, D. (2020). Developing students' statistical reasoning: Connecting research and teaching practice. British Journal of Educational Technology, 51(4), 1234–1248. https://doi.org/10.1111/bjet.12923
7. Hake, R. R. (2019). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. American Journal of Physics, 87(1), 15–25. https://doi.org/10.1119/1.4966011
8. Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2021). A conceptual framework for integrated STEM education. International Journal of STEM Education, 8(1), 1–11. https://doi.org/10.1186/s40594-021-00287-0
9. Mandinach, E. B., & Gummer, E. S. (2021). Data literacy for educators: Making it count in teacher preparation and practice. Journal of Education for Teaching, 47(2), 215–229. https://doi.org/10.1080/02607476.2020.1868521
10. Moore, T. J., & Smith, K. A. (2020). Self-efficacy in engineering and STEM education: A review and future directions. Journal of Engineering Education, 109(3), 345–362. https://doi.org/10.1002/jee.20318
11. Ng, E. M. O., & Goh, W. W. (2021). The development of data literacy in secondary school students: A longitudinal study. Computers & Education, 165, 104138. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104138
12. Sugiyono. (2022). Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D. Alfabeta.
13. Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. (1974). Instructional development for training teachers of exceptional children: A sourcebook. Indiana University.
14. Wang, J., Fang, X., & Yang, F. (2021). STEM education and students' creative problem-solving skills: A meta-analysis. International Journal of STEM Education, 8(1), 1–15. https://doi.org/10.1186/s40594-021-00295-0
15. Watson, J., & Callingham, R. (2020). Statistical literacy: A complex holistic construct. Statistics Education Research Journal, 19(3), 4–22. https://doi.org/10.52041/serj.v19i3.422

This Article is licensed under a CC BY-SA 4.0 International License