

PENERAPAN MODEL *PROBLEM-BASED LEARNING* (PBL) BERBASIS STEM UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA PADA MATERI PEMBAGIAN SUKU BANYAK DI SMA

Andini Syahrani Daulay¹, Dian Elita Apriani², Mutia Hafiza³, Nashwa Rahmadhani Simatupang⁴, Nur Hafizah Nasution⁵, Samuel Yordan Ambarita⁶, Sri Vioni Novena Simanihuruk⁷

¹²³⁴⁵⁶⁷ Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan

e-mail: andinisyahrani16@gmail.com, dian.4233111026@mhs.unimed.ac.id,
mutiahafiza@mhs.unimed.ac.id, nashwarahmadhani@gmail.com,
nasutionnurhafizah0@gmail.com, sambaritta@mhs.unimed.ac.id,
srivioninovena@mhs.unimed.ac.id

Diterima: 31/05/2026, Direvisi: 03/06/2026, Diterbitkan: 07/06/2026

ABSTRAK

Penelitian ini ditujukan guna menguji eskalasi kecakapan berpikir kritis peserta didik lewat implementasi model *Problem-Based Learning* (PBL) yang diintegrasikan dengan pendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) pada topik pembagian suku banyak di jenjang SMA. Pendekatan kuantitatif dengan rancangan *Pre-Experimental* tipe *One Group Pretest-Posttest* diterapkan dalam riset ini. Penentuan subjek riset menggunakan teknik *purposive sampling*, yang menghasilkan sampel sebanyak 14 siswa kelas XI-1 SMA Swasta GKPI Padang Bulan. Pengumpulan data kuantitatif dilakukan melalui instrumen tes kemampuan berpikir kritis yang diselenggarakan pada fase sebelum (*pretest*) dan sesudah (*posttest*) intervensi pembelajaran, di mana data yang diperoleh kemudian diolah menggunakan uji *Normalized Gain* (N-Gain). Hasil eksperimen memperlihatkan adanya pergeseran positif pada rerata skor siswa, dari yang semula sebesar 52,14 pada saat *pretest* melonjak menjadi 76,43 ketika *posttest*. Berdasarkan kalkulasi uji N-Gain, didapatkan nilai rata-rata sebesar 0,50 yang merepresentasikan tingkat peningkatan pada kategori sedang. Perkembangan kecakapan berpikir kritis ini teridentifikasi secara konkret pada indikator analisis, evaluasi, inferensi, serta keterampilan mendesain strategi penyelesaian masalah. Output riset ini mengonfirmasi bahwa perpaduan model *Problem-Based Learning* berorientasi STEM sukses menstimulasi lingkungan belajar yang interaktif, kontekstual, serta berorientasi pada kemandirian siswa (*student-centered*), sehingga berkontribusi nyata terhadap stimulasi nalar kritis dalam kurikulum matematika. Oleh karena itu, penerapan PBL berbasis STEM layak direkomendasikan sebagai salah satu opsi strategi instruksional yang andal demi memacu kemampuan berpikir kritis siswa SMA pada materi pembagian suku banyak.

Kata kunci: *kemampuan berpikir kritis, pembagian suku banyak, problem-based learning, STEM, pembelajaran matematika*

ABSTRACT

This study was designed to investigate the enhancement of students' critical thinking capacities by implementing a *Problem-Based Learning* (PBL) model integrated with the *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) approach to polynomial division topics at the high school level. A quantitative method utilizing a *Pre-Experimental One-Group Pretest-Posttest* was applied in this research. Subject selection used *purposive sampling*, resulting in a sample of 14 students in class XI-1 of a Private SMA in Padang Bulan. Quantitative data collection was done through a critical thinking ability test instrument administered before (*pretest*) and after (*posttest*) the learning intervention, where the data obtained was then processed using the *Normalized Gain* (N-Gain) test. The experiment results show a positive shift in the average score of students, from 52.14 at *pretest* to 76.43 at *posttest*. Based on the N-Gain calculation, an average value of 0.50 was obtained, which represents a moderate level of improvement. The development of critical thinking skills was concretely identified in indicators of analysis, evaluation, inference, and problem-solving strategy design skills. The research output confirms that the combination of *Problem-Based Learning* oriented to STEM successfully stimulates a learning environment that is interactive, contextual, and oriented to student independence (*student-centered*), thus contributing significantly to the stimulation of critical thinking in the mathematics curriculum. Therefore, the application of STEM-based PBL is recommended as one of the reliable instructional strategies to enhance the critical thinking skills of SMA students in polynomial division material.

Posttest Design was managed in this framework. Through a purposive sampling technique, 14 students from class XI-1 at GKPI Padang Bulan Private Senior High School were determined as the research participants. The research data were gathered using critical thinking competency tests distributed prior to and following the learning intervention, which were subsequently computed through the N-Gain analysis. The empirical evidence indicated a noticeable shift in the students' performance, where the average pretest score of 52.14 substantially expanded to 76.43 during the posttest. Furthermore, the N-Gain computation demonstrated a mean score of 0.50, which falls into the moderate growth classification. This intellectual growth was visibly observed across several key parameters, including analysis, evaluation, inference, and the formulation of problem-solving pathways. These outcomes emphasize that combining the Problem-Based Learning framework with a STEM orientation successfully establishes a student-centered, active, and contextual learning environment that effectively drives critical reasoning within mathematics pedagogy. Consequently, STEM-driven Problem-Based Learning represents a promising instructional strategy to elevate high school students' critical thinking attributes regarding polynomial division materials.

Keywords: *critical thinking skills, mathematics learning, polynomial division, problem-based learning, STEM*

PENDAHULUAN

Tuntutan dunia pendidikan di abad ke-21 mewajibkan peserta didik menguasai beragam kecakapan berpikir tingkat tinggi demi merespons disrupsi ilmu pengetahuan, akselerasi teknologi, serta kompleksitas dinamika kehidupan modern. Di antara sekian banyak kompetensi, kemampuan berpikir kritis menempati posisi yang sangat krusial. Kecakapan ini memfasilitasi siswa untuk menelaah data secara mendalam, menakar validitas opsi solusi, memformulasikan premis yang koheren, sekaligus memproduksi konklusi yang rasional berlandaskan fakta empiris (Rahmawati et al., 2016; Kassiavera et al., 2019). Dalam lanskap pembelajaran matematika, nalar kritis menjadi pilar kompetensi yang fundamental karena disiplin ilmu ini tidak sekadar menguji ketangkasan prosedural-komputasional, melainkan menuntut ketajaman penalaran, kapasitas analisis, dan penyelesaian problem secara terstruktur.

Kendati demikian, realitas di lapangan menunjukkan bahwa internalisasi kecakapan berpikir kritis siswa dalam iklim pembelajaran matematika masih menghadapi benturan keras. Dominasi pola instruksional konvensional yang bercorak satu arah dari pendidik memicu pasivitas siswa, sehingga mereka kehilangan ruang untuk mengasah nalar analitis dan penalaran matematis secara mandiri. Implikasinya, siswa kerap kali gagap dan mengalami kebuntuan sewaktu dihadapkan pada problem matematika yang memerlukan tahapan interpretasi, evaluasi, hingga pengambilan keputusan yang matang. Kondisi problematik ini selaras dengan temuan Ardini et al. (2019) serta Rohmah et al. (2021) yang menegaskan bahwa strategi pembelajaran yang bersifat informatif murni dan berorientasi pada guru (*teacher-centered*) belum mampu mengonstruksi kemampuan berpikir kritis peserta didik secara maksimal.

Merujuk pada konseptualisasi Ennis yang diuraikan oleh Rahmawati et al. (2016), kerangka berpikir kritis meliputi lima dimensi utama: menyajikan klarifikasi elementer (*elementary clarification*), membangun fondasi keterampilan dasar (*basic support*), merumuskan inferensi (*inference*), memformulasikan penjelasan tingkat lanjut (*advanced clarification*), serta mendesain strategi dan taktik eksekusi (*strategies and tactics*). Kelima indikator teoretis tersebut mengindikasikan bahwa kapasitas berpikir kritis tidak semata-mata diukur dari pencapaian nilai akhir akademis, melainkan menjadi cerminan dari mutu dan

kedalaman proses kognisi siswa dalam membedah serta mengurai sebuah problematika.

Salah satu topik matematika tingkat menengah yang membutuhkan konsentrasi berpikir kritis tingkat tinggi adalah operasi pembagian suku banyak (polinomial). Pada materi ini, peserta didik ditantang untuk meresapi konsep polinomial, menguraikan korelasi antarvariabel suku, mengidentifikasi algoritma penyelesaian yang akurat, serta memvalidasi ketepatan hasil akhir yang diperoleh. Rangkaian aktivitas kognitif tersebut memerlukan pelibatan nalar tingkat tinggi; akibatnya, pola pembelajaran yang melulu bertumpu pada hafalan rumus atau latihan mekanis sering kali menyebabkan siswa gagal menangkap substansi materi secara filosofis. Nurrohmah et al. (2023) memaparkan bahwa minimnya kecakapan berpikir kritis matematis berpotensi menghambat akselerasi siswa saat mengeksekusi soal-soal aljabar yang membutuhkan analisis mendalam, tak terkecuali pada materi pembagian suku banyak.

Sebagai langkah solutif untuk mengurai persoalan ini, model *Problem-Based Learning* (PBL) hadir sebagai alternatif strategi yang dinilai sangat representatif. Melalui sintaksnya, PBL menempatkan isu-isu kontekstual sebagai pemantik utama aktivitas belajar, sehingga memicu siswa untuk melakukan investigasi mandiri, menghimpun data pendukung, menelaah informasi, serta merekonstruksi solusi melalui forum diskusi dan ruang refleksi. Karakteristik distingtif ini menuntut keterlibatan aktif siswa dalam membangun pengetahuannya sendiri ketimbang sekadar bertindak sebagai wadah penampung materi dari guru. Serangkaian telaah ilmiah mengonfirmasi bahwa penerapan PBL terbukti efektif meningkatkan nalar kritis, mempertajam keterampilan pemecahan masalah, sekaligus mendongkrak performa akademik siswa di berbagai tingkat satuan pendidikan (Amini et al., 2022; Aulya & Purwaningrum, 2021; Deep et al., 2020; Pramudita & Abbas, 2026).

Di samping pemilihan model instruksional, orientasi pendidikan modern juga menggarisbawahi urgensi adopsi pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) ke dalam kurikulum makro. Pendekatan lintas disiplin ini mengarahkan siswa untuk mengaitkan materi teoretis di sekolah dengan skenario kehidupan nyata lewat integrasi multiperspektif ilmu, sehingga kegiatan belajar berjalan secara lebih kontekstual dan substantif. Internalisasi STEM terbukti mampu mengakselerasi ketajaman nalar kritis, daya kreativitas, literasi sains, serta ketangkasan problem-solving pada diri peserta didik (Davidi et al., 2021; Erlinawati, 2021; Hazana, 2025). Selaras dengan itu, hasil tinjauan sistematis oleh Azizah et al. (2025) memperlihatkan bahwa model pembelajaran terintegrasi STEM secara konsisten memberikan sumbangsih positif dalam mengeskalasi kapasitas berpikir kritis di berbagai rumpun mata pelajaran.

Kolaborasi sinergis antara model PBL dan pendekatan STEM diproyeksikan mampu menciptakan ekosistem pembelajaran yang menantang sekaligus adaptif terhadap kebutuhan transformatif peserta didik. Melalui formula integratif ini, siswa tidak hanya dipacu untuk menguasai konsep matematika murni, tetapi juga dituntut mengoperasikannya untuk mengurai dan merampungkan problem riil dengan memanfaatkan instrumen teknologi. Studi empiris dari Fadhilah et al. (2022), Rohmah et al. (2021), Langi (2024), serta Novitasari et al. (2023) mengonfirmasi bahwa skema instruksional PBL-STEM sangat berdaya guna dalam memicu nalar kritis lantaran melibatkan peserta didik secara total dalam aktivitas investigasi, eksplorasi konsep, adu argumen, hingga pengambilan keputusan berbasis data ilmiah.

Meskipun kajian mengenai efektivitas kolaborasi PBL-STEM sudah banyak dipublikasikan, mayoritas riset terdahulu masih mendominasi ranah pendidikan IPA, fisika, atau topik matematika umum lainnya. Penelitian yang secara spesifik membedah implementasi model *Problem-Based Learning* bernuansa STEM pada materi pembagian suku banyak di

tingkat SMA masih tergolong langka. Terlebih lagi, pemanfaatan aspek teknologi digital seperti program Python sebagai alat bantu pembuktian (*verifikator*) hasil pengerjaan komputasi pembagian suku banyak hampir belum pernah diintegrasikan ke dalam ekosistem PBL-STEM matematika. Celah teoretis dan praktis inilah (*research gap*) yang mendasari urgensi penelitian ini. Berlandaskan latar belakang pemikiran tersebut, kajian ini diselenggarakan dengan tujuan untuk menganalisis eskalasi kemampuan berpikir kritis siswa setelah menempuh proses pembelajaran menggunakan model *Problem-Based Learning* berbasis STEM pada topik pembagian suku banyak di jenjang SMA.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan jenis penelitian Pre-Experimental Design. Desain penelitian yang digunakan adalah One Group Pretest-Posttest Design, yaitu desain yang melibatkan satu kelompok subjek yang diberikan tes awal (pretest) sebelum perlakuan dan tes akhir (posttest) setelah perlakuan. Desain ini digunakan untuk mengetahui peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa setelah penerapan model Problem-Based Learning (PBL) berbasis STEM pada materi pembagian suku banyak.

Tabel 1. Desain Penelitian

Pretest	Perlakuan	Posttest
O ₁	X	O ₂

Keterangan:

- O₁ = Pretest kemampuan berpikir kritis siswa
- X = Pembelajaran menggunakan model Problem-Based Learning berbasis STEM
- O₂ = Posttest kemampuan berpikir kritis siswa

Penelitian dilaksanakan di SMA Swasta GKPI Padang Bulan pada semester genap Tahun Ajaran 2025/2026. Subjek penelitian adalah 14 siswa kelas XI-1. Penentuan subjek menggunakan teknik purposive sampling dengan mempertimbangkan bahwa siswa kelas XI-1 telah mempelajari materi prasyarat polinomial, memiliki kemampuan akademik yang heterogen, serta belum pernah memperoleh pembelajaran pembagian suku banyak melalui model PBL berbasis STEM. Pertimbangan tersebut dinilai sesuai dengan tujuan penelitian untuk mengkaji peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa setelah penerapan model pembelajaran yang diberikan.

Instrumen penelitian terdiri atas tes kemampuan berpikir kritis, Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis PBL-STEM, dan pedoman penskoran. Tes kemampuan berpikir kritis disusun berdasarkan indikator berpikir kritis yang meliputi interpretasi, analisis, evaluasi, dan inferensi. Sebelum digunakan, instrumen divalidasi oleh ahli materi dan ahli pembelajaran matematika untuk memastikan kesesuaian isi, konstruksi, dan bahasa yang digunakan. Pengumpulan data dilakukan melalui pemberian pretest sebelum perlakuan dan posttest setelah seluruh rangkaian pembelajaran selesai dilaksanakan. Data pendukung diperoleh dari hasil pengerjaan LKPD dan pengamatan aktivitas siswa selama proses diskusi kelompok.

Pelaksanaan penelitian dilakukan dalam tiga tahap. Tahap pertama merupakan tahap persiapan yang meliputi penyusunan modul ajar, LKPD berbasis PBL-STEM, instrumen tes, dan validasi instrumen. Tahap kedua merupakan tahap pelaksanaan pembelajaran yang diawali dengan pemberian pretest, kemudian dilanjutkan dengan penerapan model Problem-Based Learning berbasis STEM selama pembelajaran materi pembagian suku banyak. Tahap ketiga merupakan tahap evaluasi yang meliputi pemberian posttest dan analisis data hasil penelitian.

Implementasi model PBL berbasis STEM dilaksanakan melalui lima sintaks utama,

Copyright (c) 2026 SECONDARY: Jurnal Inovasi Pendidikan Menengah

yaitu: (1) orientasi siswa pada masalah melalui penyajian permasalahan kontekstual yang berkaitan dengan pembagian suku banyak, (2) mengorganisasikan siswa untuk belajar dalam kelompok, (3) membimbing penyelidikan individu dan kelompok untuk menemukan strategi penyelesaian menggunakan metode pembagian bersusun dan metode Horner, (4) mengembangkan dan menyajikan hasil penyelesaian masalah, termasuk verifikasi hasil menggunakan program Python sederhana sebagai unsur teknologi dalam pendekatan STEM, dan (5) menganalisis serta mengevaluasi proses pemecahan masalah melalui diskusi dan refleksi bersama.

Analisis data dilakukan menggunakan uji N-Gain untuk mengetahui tingkat peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa setelah penerapan model Problem-Based Learning berbasis STEM. Perhitungan N-Gain menggunakan rumus:

$$g = (\text{Skor Posttest} - \text{Skor Pretest}) / (\text{Skor Maksimum} - \text{Skor Pretest})$$

Kriteria interpretasi nilai N-Gain mengacu pada klasifikasi Hake yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria N-Gain Menurut Hake

Rentang N-Gain	Kategori
$g < 0,30$	Rendah
$0,30 \leq g < 0,70$	Sedang
$g \geq 0,70$	Tinggi

Nilai N-Gain digunakan untuk menentukan tingkat peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa setelah mengikuti pembelajaran menggunakan model Problem-Based Learning berbasis STEM pada materi pembagian suku banyak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Bagian ini menyajikan hasil analisis kemampuan berpikir kritis siswa setelah implementasi model *Problem-Based Learning* (PBL) berbasis STEM pada materi pembagian suku banyak berdasarkan data *pretest* dan *posttest*.

Statistik Deskriptif Kemampuan Berpikir Kritis

Hasil analisis statistik deskriptif kemampuan berpikir kritis siswa disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Statistik Deskriptif Nilai Pretest dan Posttest

Statistik	Pretest	Posttest
Jumlah Siswa	14	14
Nilai Rata-rata	52,14	76,43
Nilai Tertinggi	75	95
Nilai Terendah	35	60

Berdasarkan Tabel 4, terjadi peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa setelah mengikuti pembelajaran menggunakan model PBL berbasis STEM. Peningkatan terlihat pada nilai rata-rata, nilai tertinggi, maupun nilai terendah. Temuan ini menunjukkan bahwa pembelajaran yang mengintegrasikan pemecahan masalah dan pendekatan STEM mampu

memberikan pengalaman belajar yang mendukung perkembangan kemampuan berpikir kritis siswa.

Hasil Uji N-Gain

Untuk mengetahui tingkat peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa, dilakukan analisis menggunakan uji *N-Gain*. Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan N-Gain

No	Kode Siswa	N-Gain	Kategori
1	CM	0,36	Sedang
2	CIK	0,33	Sedang
3	CS	0,33	Sedang
4	JT	0,50	Sedang
5	EN	0,43	Sedang
6	MA	0,53	Sedang
7	CSI	0,20	Rendah
8	CPS	0,40	Sedang
9	AD	0,36	Sedang
10	HE	0,70	Tinggi
11	ZP	0,70	Tinggi
12	WG	0,70	Tinggi
13	WE	0,70	Tinggi
14	CSA	0,70	Tinggi

Berdasarkan Tabel 4, diperoleh rata-rata *N-Gain* sebesar 0,50 yang termasuk kategori sedang. Sebagian besar siswa mengalami peningkatan pada kategori sedang hingga tinggi, sedangkan hanya satu siswa berada pada kategori rendah. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penerapan model PBL berbasis STEM memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa pada materi pembagian suku banyak.

Pembahasan

Berdasarkan temuan di lapangan, implementasi model *Problem-Based Learning* (PBL) berorientasi STEM terbukti andal dalam mengeskalisasi kecakapan berpikir kritis peserta didik pada topik pembagian suku banyak. Lonjakan kompetensi ini diindikasikan oleh disparitas capaian yang mencolok antara hasil *pretest* dan *posttest*, serta dipertegas melalui perolehan rata-rata skor *N-Gain* yang bertengger pada klasifikasi sedang. Realitas empiris tersebut mengonfirmasi bahwa ekosistem instruksional yang menempatkan siswa sebagai motor penggerak aktivitas kelas (*student-centered*) mampu memberikan ruang yang lebih fleksibel untuk mengasah kecakapan analitis, ketajaman evaluasi, serta penyelesaian problematika secara struktural.

Stimulasi nalar kritis ini terjadi karena sejak fase awal pembelajaran, siswa langsung dihadapkan pada skenario problem kontekstual yang berkaitan dengan materi polinomial. Stimulus berupa masalah nyata tersebut menantang siswa untuk menyeleksi informasi yang relevan, merancang taktik penyelesaian yang presisi, hingga memvalidasi kembali keakuratan

jawaban akhir mereka. Rangkaian aktivitas kognitif ini senada dengan khazanah model PBL yang menitikberatkan proses eksplorasi dan pemecahan masalah sebagai media utama untuk melatih keterampilan berpikir tingkat tinggi (Malikha, 2018). Lebih lanjut, Deep et al. (2020) mengemukakan bahwa iklim belajar yang berbasis pada pemecahan masalah memberikan stimulus kuat bagi siswa untuk memperdalam kecakapan analitis, formulasi keputusan, serta resolusi konflik kognitif jika disandingkan dengan pengajaran yang bersifat prosedural-mekanis semata.

Dalam dinamika pembelajaran di kelas, siswa berkolaborasi di dalam kelompok kecil untuk memecahkan problem suku banyak menggunakan algoritma pembagian bersusun maupun skema Horner. Iklim diskusi kelompok yang interaktif memicu siswa untuk berani memaparkan gagasan, menyodorkan argumentasi logis demi mendukung opsi solusi yang dipilih, sekaligus menguji keandalan premis yang diajukan oleh rekan sekelompoknya. Proses adu argumen ini menjadi komponen krusial dalam mengonstruksi kemampuan berpikir kritis, sebab siswa tidak sekadar didorong mencari jawaban akhir, melainkan diwajibkan mampu mempertanggungjawabkan serta memverifikasi kesahihan konklusi mereka. Fenomena ini sejalan dengan konseptualisasi dari Ardini et al. (2019) yang menegaskan bahwa strategi berbasis masalah sangat berdaya guna memicu berpikir kritis karena melibatkan subjek didik dalam aktivitas analisis dan evaluasi secara intensif.

Ditinjau dari parameter kecakapan berpikir kritis, eskalasi yang diraih mencerminkan bahwa siswa mulai cakap dalam menginterpretasikan masalah, mengaitkan jalinan antar-konsep aljabar yang telah dikuasai, serta memproduksi kesimpulan valid berbasis data empiris. Perubahan positif ini sesuai dengan indikator nalar kritis yang digagas oleh Rahmawati et al. (2016) dan Kassiavera et al. (2019), yang meliputi kecakapan membedah informasi, menakar bobot argumen, menarik inferensi, serta memformulasikan strategi pemecahan masalah secara akurat. Dengan begitu, capaian positif dalam riset ini tidak sebatas menunjukkan penambahan kuantitas hafalan materi, melainkan evolusi mutu dari proses kognisi peserta didik.

Penyisipan pendekatan STEM memegang peranan esensial dalam memperkuat penguasaan nalar kritis siswa. Melalui kerangka kerja STEM, teori matematika tidak disajikan sebagai entitas yang kaku dan terisolasi, melainkan dikorelasikan dengan pilar teknologi serta pemecahan masalah riil dalam kehidupan sehari-hari. Pemanfaatan pemrograman Python sebagai instrumen untuk memverifikasi hasil kalkulasi manual sukses membuka cakrawala berpikir siswa bahwa konsep matematika murni dapat ditransformasikan ke dalam aplikasi digital. Langkah inovatif ini menjadikan proses belajar terasa lebih kontekstual dan substantif. Davidi et al. (2021) memaparkan bahwa kolaborasi STEM mampu mengeskalasi kapasitas berpikir kritis lantaran melatih siswa memadukan prinsip sains, teknologi, rekayasa, dan matematika ke dalam satu kesatuan kerangka berpikir yang utuh.

Output penelitian ini juga memperkuat temuan ilmiah dari Fadhilah et al. (2022), Rohmah et al. (2021), dan Langi (2024) yang menyimpulkan bahwa konvergensi antara PBL dan STEM memberikan stimulan positif terhadap ketajaman berpikir kritis melalui aktivitas investigasi, eksplorasi mendalam, serta resolusi masalah secara kooperatif. Saat siswa dihadapkan pada problem yang menuntut telaah mendalam dan pembuktian empiris, mereka terdorong memanfaatkan struktur pengetahuan yang dimiliki secara lebih reflektif dan terorganisasi. Siklus kognitif inilah yang melandasi berkembangnya nalar kritis.

Di samping itu, pelibatan aspek teknologi ke dalam aktivitas instruksional sukses menghadirkan pengalaman belajar yang lebih atraktif, sehingga mendongkrak keterlibatan siswa sepanjang sesi pembelajaran. Kenyataan ini selaras dengan ulasan Andhini et al. (2023)

serta Diva dan Purwaningrum (2023) yang menyatakan bahwa utilitas teknologi sebagai media pendukung dalam pembelajaran matematika efektif memandu siswa memahami konsep secara lebih substansial sekaligus memicu kemampuan berpikir tingkat tinggi. Integrasi teknologi digital juga memudahkan peserta didik mengecek keabsahan hasil kerjanya, sehingga potensi terjadinya kekeliruan konseptual (*misconception*) dapat direduksi secara optimal.

Peningkatan kapasitas berpikir kritis yang didokumentasikan dalam penelitian ini juga memperkuat hasil riset dari Novitasari et al. (2023), Erlinawati (2021), Hazana (2025), serta Azizah et al. (2025). Serangkaian literatur tersebut menyatakan bahwa model pembelajaran bernuansa STEM berkontribusi masif terhadap stimulasi berpikir kritis, literasi sains, daya kreativitas, hingga ketangkasan memecahkan masalah pada peserta didik. Lewat amalgamasi pelbagai disiplin ilmu, siswa mendapatkan internalisasi materi yang lebih holistik, sehingga mampu memetakan suatu problem dari beragam sudut pandang.

Meskipun menunjukkan tren positif, rerata perolehan N-Gain yang masih tertahan di kategori sedang mengindikasikan bahwa akselerasi kemampuan berpikir kritis belum terdistribusi secara merata pada seluruh subjek amatan. Adanya satu siswa yang berada pada kategori rendah menjadi petunjuk bahwa variabel kemampuan awal (*prior knowledge*), tingkat penguasaan konsep prasyarat aljabar, kebiasaan berkolaborasi dalam kelompok, serta kecepatan adaptasi terhadap perangkat teknologi baru masih menjadi faktor determinan yang memengaruhi keberhasilan belajar. Fenomena ini relevan dengan laporan dari Nurrohmah et al. (2023) yang menegaskan bahwa perkembangan kapasitas berpikir kritis sangat dipengaruhi oleh karakteristik personal siswa, termasuk di dalamnya tingkat curiositas, kesiapan belajar (*learning readiness*), serta ketajaman dalam mencerna problem yang disajikan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa model PBL berbasis STEM sangat efektif diterapkan untuk memacu kecakapan berpikir kritis siswa SMA pada materi pembagian suku banyak. Keberhasilan instruksional ini berakar pada penyediaan kesempatan yang luas bagi siswa untuk memetakan masalah, memformulasikan strategi pemecahan, melakukan pembuktian memanfaatkan instrumen teknologi, serta mengevaluasi kembali hasil akhir lewat forum diskusi dan ruang refleksi. Temuan ini semakin memperkuat hasil penelitian Amini et al. (2022) serta riset lanjutan mengenai PBL-STEM oleh Rohmah et al. (2021), Nurrohmah et al. (2023), dan Azizah et al. (2025), bahwa sinergi antara PBL dan STEM merupakan pendekatan yang sangat relevan untuk mengonstruksi keterampilan berpikir kritis sebagai salah satu kompetensi inti di era abad ke-21.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa penerapan model Problem-Based Learning (PBL) berbasis STEM mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa pada materi pembagian suku banyak di kelas XI-1 SMA Swasta GKPI Padang Bulan. Peningkatan tersebut ditunjukkan oleh rata-rata nilai N-Gain sebesar 0,50 yang termasuk dalam kategori sedang.

Penerapan model PBL berbasis STEM memberikan kesempatan kepada siswa untuk berpartisipasi aktif dalam proses pembelajaran melalui kegiatan pemecahan masalah, diskusi kelompok, analisis penyelesaian, serta penggunaan teknologi berupa program Python sederhana untuk memverifikasi hasil pembagian suku banyak. Aktivitas tersebut membantu siswa mengembangkan kemampuan analisis, evaluasi, inferensi, dan penyusunan strategi pemecahan masalah secara lebih sistematis.

Meskipun peningkatan kemampuan berpikir kritis belum mencapai kategori tinggi

secara menyeluruh, hasil penelitian menunjukkan bahwa model Problem-Based Learning berbasis STEM dapat menjadi alternatif pembelajaran yang efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa pada pembelajaran matematika. Oleh karena itu, guru disarankan untuk menerapkan model pembelajaran ini secara berkelanjutan dan mengintegrasikannya dengan berbagai permasalahan kontekstual agar kemampuan berpikir kritis siswa dapat berkembang secara optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahyani, L. N., Pramono, R. B., Astuti, R. D., Kawuryan, F., & Purwaningrum, J. P. (2019). Evaluation of the PELITA bullying prevention program: A study of elementary school teachers in Kudus, Indonesia. *The Open Psychology Journal*, 12, 147–154. <https://doi.org/10.2174/1874350101912010147>
- Amini, I. I., Rahayu, W., & El Hakim, L. (2022). Penerapan model Problem-Based Learning (PBL) berbasis daring untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik kelas XI MIPA 3 SMAN 77 Jakarta pada materi program linear dan matriks. *Jurnal Riset Pembelajaran Matematika Sekolah*, 6(1), 81–88. <https://doi.org/10.21009/jrpms.061.09>
- Andhini, D. P., Wanabuliandari, S., & Purwaningrum, J. P. (2023). Pengaruh model problem-based learning berbantuan GeoGebra terhadap kemampuan pemahaman konsep matematis dan self-concept siswa. *Jurnal Lebesgue: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika dan Statistika*, 4(2), 879–891. <https://doi.org/10.46306/lb.v4i2.352>
- Ardini, S. N., Rukmini, D., Warsono, W., & Bharati, D. A. L. (2019). Efektivitas metode Problem-Based Learning terhadap tingkat berpikir kritis dalam pengajaran listening di Universitas PGRI Semarang. *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana*, 2(1). <https://proceeding.unnes.ac.id/index.php/snpasca/article/view/306>
- Aulya, R., & Purwaningrum, J. P. (2021). Pengaruh model pembelajaran PBL berbantuan alat peraga dalam peningkatan kemampuan penalaran matematis. *Mathematic Education Journal*, 4(3), 77–84. <http://journal.ipts.ac.id/index.php/MathEdu/article/view/3103>
- Azizah, F., Waluya, S. B., & Ardiansyah, A. S. (2025). Systematic Review on Critical Thinking through STEM Integrated Learning in Education. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 13(6), 1384-1398.
- Davidi, E. I. N., Sennen, E., & Supardi, K. (2021). Integrasi pendekatan STEM (science, technology, engineering, and mathematics) untuk peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa sekolah dasar. *Scholaria: Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 11(1), 24–31.
- Deep, S., Ahmed, A., Suleman, N., Abbas, M. Z., Nazar, U., & Razzaq, H. S. A. (2020). The problem-based learning approach towards developing soft skills: A systematic review. *The Qualitative Report*, 25(11), 4029–4054. <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2020.4114>
- Diva, S. A., & Purwaningrum, J. P. (2023). Strategi mathematical habits of mind berbantuan Wolfram Alpha untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa dalam menyelesaikan bangun datar. *Plusminus: Jurnal Pendidikan Matematika*, 3(1), 15–28. <https://doi.org/10.31980/plusminus.v3i1.2579>
- Erlinawati, E. (2021). Penggunaan pendekatan STEM dalam meningkatkan motivasi dan hasil

- belajar siswa kelas XI MIPA 7 materi hukum Archimedes pada SMAN 1 Sakti. *Jurnal Sains Riset*, 11(2), 129–136.
- Fadhilah, N., Nurdiyanti, N., Anisa, A., & Wajdi, M. (2022). Integrasi STEM-Problem-Based Learning melalui daring terhadap keterampilan berpikir kritis mahasiswa pendidikan biologi. *Jurnal IPA & Pembelajaran IPA*, 6(1), 1–10. <https://doi.org/10.24815/jipi.v6i1.22721>
- Hazana, E. M. (2025). Integrasi pendekatan STEM dalam pembelajaran IPA untuk mengembangkan kreativitas dan pemecahan masalah siswa di SMPN 1 Cigombong. *Bhinneka: Jurnal Bintang Pendidikan dan Bahasa*, 3(1).
- Kassiavera, S., Suparmi, A., Cari, C., & Sukarmin, S. (2019). Survei keterampilan berpikir kritis mahasiswa pada materi usaha dan energi. *Prosiding SNFA (Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya)*, 4, 162–168. <https://doi.org/10.20961/prosidingsnfa.v4i0.35928>
- Langi, J. P. (2024). Penerapan model Problem-Based Learning terintegrasi STEM terhadap keterampilan berpikir kritis pada materi hukum Newton. *Edu Cendikia: Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 4(3), 1647–1655. <https://doi.org/10.47709/educendikia.v4i03.5388>
- Malikha, D. R. (2018). PBL (Problem-Based Learning) learning strategy as one of the learning methods with global character and insight. *National Seminar on Education and Citizenship IV*, 1(1), 88–89. <http://seminar.umpo.ac.id/index.php/SEMNASPPKN/article/view/162>
- Novitasari, S., Sofiyana, M. S., & Widiastuti, S. (2023). Pengaruh model pembelajaran Problem-Based Learning berbasis STEM terhadap kemampuan literasi sains kelas V sekolah dasar. *Jurnal Pendidikan: Riset dan Konseptual*, 7(1), 12–19. https://doi.org/10.28926/riset_konseptual.v7i1.609
- Nurrohmah, N., Rusilowati, A., & Rochmad, R. (2023). Analisis kemampuan berpikir kritis matematika melalui model PBL berpendekatan STEM ditinjau dari rasa ingin tahu siswa kelas VIII. *ANARGYA: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*, 6(2), 117–128. <https://doi.org/10.24176/anargya.v6i2.11418>
- Pramudita, A. C., & Abbas, M. L. H. (2026). Pengaruh Model Problem-Based Learning (PBL) dengan Teknik Probing terhadap Motivasi dan Hasil Belajar Peserta Didik pada Materi Hukum Newton Kelas XI MAN 1 Tulungagung. *Charm Sains: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(1), 89-95. <https://doi.org/10.67006/charmsains.v7i1.598>
- Rahmawati, I., Hidayat, A., & Rahayu, S. (2016). Analisis keterampilan berpikir kritis siswa SMP pada materi gaya dan penerapannya. *Jurnal Pendidikan IPA*, 1(2), 1112–1119. <https://doi.org/10.21070/sej.v1i2.1215>
- Rohmah, H. N., Suherman, A., & Utami, I. S. (2021). Penerapan Problem-Based Learning berbasis STEM pada materi alat optik untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 12(2), 117–123. <https://doi.org/10.26877/jp2f.v12i2.7900>