PRISMA 8 (2025): 458-465
PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika
https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/prisma/
ISSN 2613-9189

Optimalisasi Kemampuan Berpikir Kritis melalui *Problem Based Learning* Terintegrasi STEM Berbantuan Geogebra

Cindy Setya Amanda[a*], Adi Satrio Ardiansyah[a]

[a] *Universitas Negeri Semarang, Gunungpati, Semarang, 50229, Indonesia*

** Alamat Surel: cindysetya2901@students.unnes.ac.id*

Abstrak

Salah tahu kemampuan yang penting untuk dioptimalkan dalam menghadapi tantangan pendidikan abad 21 adalah kemampuan berpikir kritis. Meskipun demikian, kenyataannya menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis peserta didik saat masih relatif kurang. Oleh karena itu, untuk mengoptimalkan kemampuan berpikir kritis dan meningkatkan keefektifan proses pembelajaran sangat penting untuk menggabungkan teknologi, model, dan pendekatan pembelajaran. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji bagaimana pengaruh ketika *problem based learning* dan STEM digabungkan serta dengan bantuan media Geogebra terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik. Desain inovasi pembelajaran diteliti menggunakan studi literatur dengan tiga tahap yaitu *organize, synthesize,* dan *identify.* Pembahasan topik yang dibahas dalam artikel ini bersumber dari buku, jurnal, publikasi, artikel, dan sumber ilmiah lainnya. Data yang dikumpulkan, dianalisis dan disimpulkan untuk membuat rencana pembelajaran inovatif guna mengoptimalkan kemampuan berpikir kritis. Berdasarkan studi literatur, diperoleh bahwa implementasi *problem based learning* dapat mengoptimalkan kemampuan berpikir kritis. Selain itu dengan mengintegrasikan STEM dengan *problem based learning,* peserta didik dapat belajar bagaimana memecahkan masalah dunia nyata yang dapat membantu mereka untuk mengoptimalkan kemampuan berpikir kritisnya. Pembelajaran yang memanfaatkan teknologi juga berpotensi untuk mengoptimalkan kemampuan berpikir kritis, salah satunya adalah Geogebra. Geogebra dapat membantu peserta didik dalam menyelesaikan masalah sehingga kemampuan berpikir kritisnya dapat dioptimalkan.

Kata kunci: Geogebra, Kemampuan Berpikir Kritis, *Problem Based Learning,* STEM.

© 2025 Dipublikasikan oleh Jurusan Matematika, Universitas Negeri Semarang

1. Pendahuluan

Kemampuan peserta didik berkembang sesuai dengan tuntutan zaman. Dengan adanya perubahan zaman yang ditandai dengan perkembangan teknologi yang pesat, menyebabkan perubahan pada dunia Pendidikan. Hal inilah yang membuat pembelajaran abad 21 menjadi tren pendidikan saat ini. Kebutuhan abad ke-21 seperti saat ini sesungguhnya menuntut adanya keterampilan pemahaman (kognitif) yang mendalam dalam konteks menghadapi isu, peristiwa, atau insiden dalam konteks kehidupan (Rahayu et al., 2022). Salah satu kemampuan yang harus dioptimalkan pada pembelajaran abad 21 adalah kemampuan berpikir kritis. Kemampuan berpikir kritis sangat diperlukan ketika peserta didik dihadapkan masalah dan dituntut untuk menyelesaikannya. Kemampuan untuk berpikir kritis sangat penting untuk memecahkan masalah. Peserta didik harus memiliki kemampuan ini untuk mengidentifikasi asal mula masalah dan belajar bagaimana mencari dan memilih solusi terbaik (Zubaidah, 2018).

Pada kenyataannya, kemampuan berpikir kritis peserta didik Indonesia masih dianggap kurang. Salah satu ujian internasional, yaitu PISA (*Program for International Student Assessment*) yang diadakan oleh OECD mendukung hal ini. Tes PISA diberikan kepada peserta didik berusia 15 tahun setiap tiga tahun untuk menilai kemampuan literasi, numerasi, dan sains mereka. Indonesia mengalami peningkatan 5-6 peringkat dibandingkan tahun 2018, menurut hasil survei PISA 2022. Meski posisinya naik tetapi

To cite this article:
Amanda, C. S. & Ardiansyah, A. S. (2025). Optimalisasi Kemampuan Berpikir Kritis melalui Problem Based Learning Terintegrasi STEM Berbantuan Geogebra. *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika 8*, 458-465

mengalami penurunan skor literasi matematika sebesar 13 poin, dari 379 menjadi 366 (OECD, 2023). kemampuan berpikir kritis merupakan salah satu kemampuan berpikir tingkat tinggi yang dilibatkan dalam proses berpikir dalam literasi matematika sehingga kemampuan literasi matematika memiliki hubungan dengan kemampuan berpikir kritis (Astuti, 2018). Dengan demikian hasil PISA 2022 menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis peserta didik Indonesia belum mencapai tingkat yang ideal, oleh karena itu perlu merancang pembelajaran yang lebih menekankan pada pengoptimalan kemampuan berpikir kritis.

Dalam memilih model pembelajaran yang akan digunakan harus mempertimbangkan kebutuhan peserta didik. Metode pembelajaran yang disebut *Problem Based Learning* (PBL) dapat memberikan peserta didik kondisi aktif dengan meminta mereka bekerja sama untuk memecahkan suatu masalah (Yanti, 2017). Model PBL dapat diintegrasikan dengan STEM agar lebih melatih peserta didik menyelesaikan masalah dunia nyata. Integrasi STEM dalam pendidikan matematika memperkenalkan peserta didik pada pemikiran ilmiah, penggunaan teknologi untuk mengumpulkan dan menganalisis informasi, dan penyelesaian masalah matematika dalam situasi dunia nyata (Milaturrahmah et al., 2017). Salah satu penerapan *Information and Communication Technology* (ICT) dalam pembelajaran matematika adalah Geogebra, yang juga mendorong pengembangan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Peserta didik dapat secara aktif mengembangkan pemahaman mereka tentang aljabar dan geometri dengan Geogebra (Nopiyani et al., 2016).

Berdasarkan uraian di atas, melatih kemampuan berpikir kritis peserta didik melalui penggunaan Geogebra bersama dengan pendekatan pembelajaran PBL terintegrasi STEM merupakan ide yang bagus. Studi literatur lebih lanjut tentang inovasi pembelajaran yang memanfaatkan model PBL terintegrasi STEM dengan bantuan Geogebra perlu dilakukan. Inovasi ini diharapkan dapat memberikan pendidikan berkualitas tinggi yang dapat mengoptimalkan dan mengeksplorasi kemampuan berpikir kritis peserta didik serta memotivasi mereka untuk menghadapi dan mengatasi berbagai tantangan abad ke-21.

2. Metode

Penelitian dalam artikel ini menggunakan metode studi literatur. Tahapan dalam studi literatur ini meliputi tiga tahap yang terdiri dari *organize, synthesize,* dan *identify.* Pada tahap pertama yaitu *organize*, peneliti melakukan pencarian artikel ilmiah, jurnal, dan sumber yang relevan dengan penelitian ini dengan meninjau abstrak, pendahuluan, metode, dan pembahasan yang kemudian dilanjutkan dengan mengorganisir literatur dengan kelompok tertentu. Pada tahap kedua yaitu *synthesize*, peneliti melakukan penyusunan data yang telah diperoleh pada tahap pertama sehingga menjadi satu kesatuan, kemudian menentukan keterkaitan pada setiap literatur. Pada tahap ketiga yaitu *identify*, peneliti melakukan identifikasi isu-isu yang penting untuk dianalisis dalam literatur agar menghasilkan kesimpulan terkait PBL terintegrasi STEM berbantuan Geogebra terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik.

3. Pembahasan

Berikut beberapa pembahasan mengenai hasil identifikasi informasi yang relevan dalam literatur yang berkaitan kemampuan berpikir kritis, *problem based learning,* STEM, Geogebra serta hubungan anatara keterkaitan desain inovasi model pembelajaran *problem based learning* yang terintegrasi STEM berbantuan Geogebra terhadap kemampuan berpikir kritis.

Tabel 1. Indikator Kemampuan Berpikir kritis

Indikator	Deskripsi
Interpretation (Interpretasi)	Kemampuan mengetahui dan memahami suatu masalah.
Analysis (Analisis)	Kemampuan menganalisis makna dan hubungan antar pernyataan dalam suatu masalah.
Evaluation (Evaluasi)	Kemampuan menilai hubungan dari pernyataan, deskripsi, ataupun pertanyaan.
Inference (Kesimpulan)	Kemampuan menarik kesimpulan dengan tepat atas penyelesaian yang telah dilakukan.

Indikator	Deskripsi
Explanation (Penjelasan)	Kemampuan menjelaskan alasan dari kesimpulan yang telah disusun.
Self Regulation (Penguatan Diri)	Kemampuan seseorang dalam mengamati aktivitas kognitif diri sendiri melalui proses penyelesaian masalah.

3.1. Kemampuan Berpikir Kritis

Kemampuan berpikir kritis adalah kemampuan kognitif dalam menginterpretasikan, menganalisis, mengevaluasi, menginferensi, menjelaskan dan mengatur diri (Facione, 2015). Adapun indikator kemampuan berpikir kritis beserta deskripsinya menurut Facione (2015) sebagaimana tersaji Tabel 1.

3.2. Problem Based learning

Dalam menghadapi tantangan abad 21 dapat menerapkan model *problem based learning* (PBL). PBL merupakan model pembelajaran yang secara umum mengajarkan peserta didik cara berpikir kritis dan memecahkan masalah, serta membantu mereka memahami konsep dan informasi penting dari kuliah atau materi pelajaran lainnya dengan memanfaatkan konteks masalah dunia nyata (Esema et al., 2012). Siswa yang diajar dan dihadapkan pada inkuiri, pemecahan masalah, penemuan masalah, dan eksplorasi akan mengembangkan kemampuan berpikir kritis (Ratnawati et al., 2020). Dengan demikian, dalam melatih kemampuan berpikir kritis peserta didik dapat menerapkan model PBL. PBL dirancang terutama untuk membantu peserta didik mengembangkan kemampuan berpikir, pemecahan masalah, dan keterampilan intelektual mereka, mempelajari peran-peran orang dewasa dengan cara mengalaminya melalui situasi yang nyata atau simulasi, dan menjadi pelajar yang mandiri dan otonom (Arends, 2012). PBL adalah metode pembelajaran berbasis masalah yang otentik, di mana peserta didik tidak hanya harus memahami masalah tetapi juga berkolaborasi untuk menemukan solusinya sehingga PBL dapat membantu pengembangan kemampuan berpikir kritis (Masrinah et al., 2019). Oleh karena itu penerapan model PBL yang pembelajarannya menyajikan permasalahan di dunia nyata dapat membantu mengoptimalkan kemampuan berpikir kritis.

3.3. STEM

STEM dicirikan sebagai strategi interdisipliner yang mengintegrasikan sains, teknologi, teknik, dan matematika ke dalam proses pendidikan dengan cara nyata yang menghubungkan masyarakat umum, dunia pekerjaan, dan lembaga pendidikan (Reeve, 2013). Pengintegrasian STEM di dalam pembelajaran matematika memberikan kesempatan peserta didik untuk mengetahui pemanfaatan ilmu matematika di bidang yang lain. Pendidikan STEM didasarkan pada isu-isu dunia nyata yang menginspirasi peserta didik untuk memecahkan tantangan sosial, ekonomi, dan lingkungan. (Acar et al., 2018). STEM adalah teknik inovatif dan praktis dalam menciptakan solusi untuk masalah dunia nyata, bukan hanya menggabungkan empat bidang akademis (Torlakson, 2014). Peserta didik didorong untuk membangun, mengembangkan, dan menggunakan teknologi, meningkatkan kemampuan kognitif dan afektif mereka, dan menerapkan pengetahuan mereka ketika STEM diterapkan pada pembelajaran (Fiteriani et al., 2021).

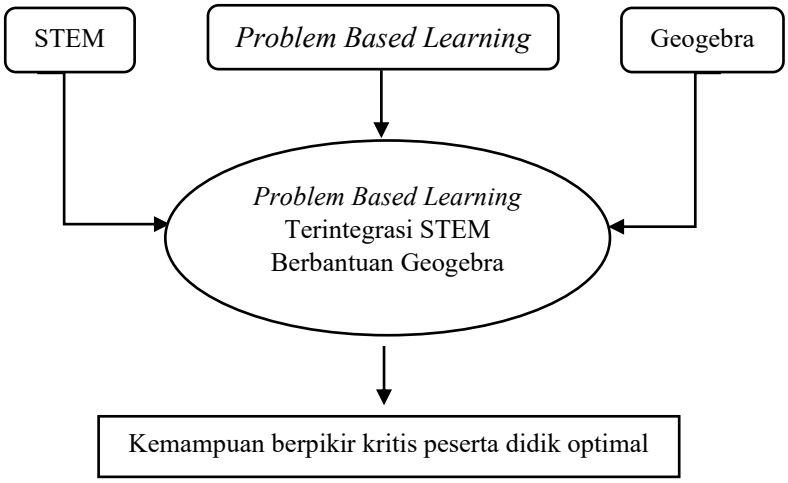
3.4. Geogebra

Salah satu penggunaan ICT dalam pembelajaran matematika yaitu Geogebra. Tujuan dari lingkungan belajar digital Geogebra adalah untuk mengintegrasikan kalkulus, aljabar, dan geometri ke dalam satu unit dinamis. (Hohenwarter et al., 2009). GeoGebra memungkinkan penggunanya untuk menjelajahi perubahan pada objek dan bentuk geometris sembari melacak perubahan dalam representasi aljabarnya dan membantu peserta didik dalam memahami permasalahan dan menangani kesulitan yang dihadapi ketika tanpa bantuan GeoGebra (Tomić et al., 2019). Geogebra dapat membantu peserta didik memahami konsep mata pelajaran yang diajarkan oleh guru, terutama ketika berhubungan dengan grafik, kurva, gambar, animasi, dan topik lainnya (Pauweni et al., 2022). Hal ini sejalan dengan pernyataan Agung (2018) bahwa manfaat penggunaan Geogebra dalam pembelajaran matematika adalah menghasilkan gambar yang lebih akurat dan presisi sehingga memberikan peserta didik pengalaman visual yang mendukung pemahaman mereka terhadap konsep-konsep matematika. Untuk membuat pembelajaran matematika menjadi lebih menarik dan

menyenangkan bagi siswa, aplikasi Geogebra juga dapat diintegrasikan dengan model, teknik, dan teori pembelajaran lainnya (Suciati et al., 2022).

3.5. Problem Based Learning Terintegrasi STEM berbantuan Geogebra

Pembelajaran dengan paradigma PBL memungkinkan peserta didik menjadi pembelajar yang lebih aktif dengan memikirkan cara-cara untuk memecahkan masalah. PBL merupakan model pembelajaran yang menekankan peserta didik aktif dalam pemecahan masalah. Permasalahan-permasalahan matematika yang diberikan harus dapat diterapkan pada masalah sehari-hari atau isu global. Salah satu upaya adalah dengan memasukkan STEM ke dalam model pembelajaran. STEM merupakan suatu pendekatan pembelajaran dengan mengintegrasikan bidang *science, technology, engineering,* dan *mathematics.* Penggunaan media pembelajaran yang tepat pada model PBL terintegrasi STEM dapat mendukung pelaksanaan proses pembelajarannya. Media pembelajaran yang dapat mendukung penerapan PBL yang terintegrasi dengan STEM salah satunya yaitu Geogebra. Geogebra adalah program matematika yang dinamis yang tersedia gratis serta memadukan kalkulus, aljabar, dan geometri. Geogebra di sini digunakan sebagai alat bantu untuk memudahkan peserta didik memecahkan masalah dan mendemonstrasikannya. PBL, STEM, dan Geogebra dapat digabungkan pada proses pembelajaran sehingga pembelajaran akan memberikan pengalaman kepada peserta didik dalam menyelesaikan masalah yang berkaitan STEM dengan bantuan media Geogebra. Desain inovasi yang disusun sebagaimana tersaji pada Gambar 1.



Gambar 1. Inovasi Pembelajaran

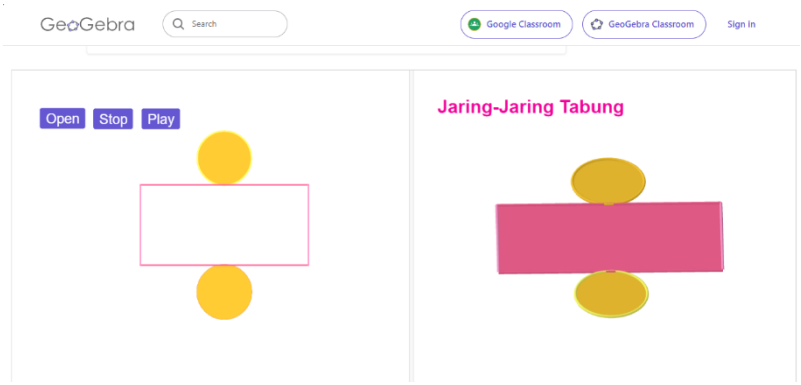
Sintaks PBL terintegrasi STEM berbantuan Geogebra sebagaimana tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Sintaks PBL terintegrasi STEM berbantuan Geogebra

Langkah-Langkah	Pelaksanaan PBL Terintegrasi STEM Berbantuan Geogebra
Orientasi peserta didik	Peserta didik diberikan permasalahan kontekstual yang berhubungan dengan STEM dan diminta untuk mengidentifikasi aspek-aspek yang dibutuhkan dalam penyelesaian masalah kontekstual.
Mengorganisasi peserta didik untuk belajar	Peserta didik dibentuk kelompok untuk mendiskusikan permasalahan yang telah diberikan dengan bantuan media Geogebra
Membimbing penyelidikan individu maupun kelompok	Peserta didik didorong oleh guru untuk mengumpulkan data yang relevan, menemukan jawaban dan menyelesaikan permasalahan yang diberikan. Peserta didik menganalisis permasalahan yang berkaitan dengan STEM berbantuan Geogebra dan menanyakan permasalahan yang belum dipahami

Mengembangkan dan menyajikan hasil	Peserta didik mempresentasikan solusi terkait permasalahan kontekstual yang berkaitan dengan STEM yang diperoleh dengan bantuan Geogebra serta melakukan kegiatan tanya jawab
Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah	Peserta didik merefleksi dan mengevaluasi bersama hasil diskusi dari masalah yang berkaitan dengan STEM berbantuan Geogebra dengan bimbingan guru. Peserta didik diberikan kuis untuk mengetahui pemahamannya terkait materi yang diberikan.

Geogebra dapat membantu peserta didik untuk memecahkan soal-soal yang diberikan. Geogebra digunakan sebagai media dalam mengilustrasikan konsep-konsep matematika. Memahami materi yang diperoleh dengan bantuan Geogebra dapat membantu peserta didik menyelesaikan soal-soal yang diberikan. Bentuk penggunaan Geogebra dalam pembelajaran matematika dengan materi luas permukaan tabung sebagaimana tersaji pada Gambar 2.

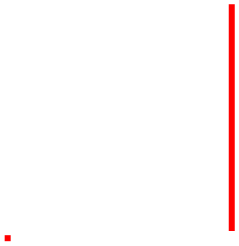


Gambar 2. Penggunaan Geogebra.

STEM digunakan sebagai konteks dalam permasalahan kontekstual yang disajikan dalam pembelajaran. Implementasi STEM pada pembelajaran matematika dapat digunakan pada fase D. Elemen konten yang dipilih adalah geometri dengan elemen proses kemampuan berpikir kritis, Capaian pembelajarannya yaitu peserta didik dapat menentukan luas permukaan dan volume bangun ruang (prisma, tabung, bola, limas dan kerucut) untuk menyelesaikan masalah yang terkait. Tujuan pembelajaran yang diharapkan adalah melalui pembelajaran *problem based learning* terintegrasi STEM berbantuan Geogebra, peserta didik dapat menyelesaikan masalah kontekstual terkait luas permukaan tabung dengan tepat. Dalam permasalahan yang dipilih menggunakan konteks *Technology* dengan kasus desain dan percetakan stiker. Dengan adanya konteks masalah tersebut, peserta didik tidak hanya dapat mencapai capaian pembelajaran mereka, tetapi juga mencapai kemampuan berpikir kritis, serta memperoleh pengetahuan terkait permasalahan yang ada di dunia nyata terkait STEM. Oleh karena itu, hal ini dapat membuat pembelajaran lebih bermakna. Bentuk pengintegrasian STEM dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Implementasi STEM pada pembelajaran matematika

	Penjelasan
Capaian Pembelajaran	Pada akhir fase D, peserta didik dapat menentukan luas permukaan dan volume bangun ruang (prisma, tabung, bola, limas dan kerucut) untuk menyelesaikan masalah yang terkait.
Elemen Konten	Pengukuran
Elemen Proses	Kemampuan Berpikir Kritis
Tujuan Pembelajaran	Melalui pembelajaran *problem based learning* terintegrasi STEM berbantuan Geogebra, peserta didik dapat menyelesaikan masalah kontekstual terkait luas permukaan tabung dengan tepat.
Konteks STEM	*Technology*
Implementasi STEM	

Penjelasan


Gambar 3. Kemasan Produk

Randi adalah seorang desainer grafis. Ia menggunakan aplikasi canva, corel vector, logaster, dan PixelLab. Selain menerima jasa desain, Randi juga menerima jasa percetakan salah satunya adalah percetakan stiker. Pada suatu hari Pak Hanif ingin mencetak stiker untuk ditempel pada kemasan produknya yang berbentuk tabung seperti Gambar 3. Stiker ditempel di sekeliling kemasan dan juga bagian tutupnya, tetapi bagian bawahnya tidak. Kemasan yang akan diberi stiker sebanyak 100. Kertas yang disediakan Randi berukuran A3 Jika kertas yang tersedia sebanyak 25, apakah cukup untuk mencetak stiker tersebut? Berikan alasanmu.

Keterangan:

Ukuran kertas A3 kurang lebih $30cm \times 42cm$

Pembelajaran dengan model PBL terintegrasi STEM berbantuan Geogebra merupakan inovasi yang dapat memecahkan masalah rendahnya kemampuan berpikir kritis peserta didik Indonesia. Model PBL menekankan pada pembelajaran yang kontekstual dan bermakna, di mana peserta didik memperoleh pengetahuan dengan pengalaman langsung melalui berbagai masalah. Permasalahan tersebut sangat berperan dalam melatih kemampuan berpikir kritis peserta didik. Kemampuan berpikir kritis siswa dapat dimaksimalkan dengan memasukkan isu-isu ke dalam proses pembelajaran. Peserta didik di sini secara aktif terlibat dalam menyelesaikan berbagai masalah kontekstual untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis mereka. Peserta didik dapat mengoptimalkan kemampuan berpikir kritisnya dengan memecahkan permasalahan dan menarik kesimpulan dari pemahaman mereka melalui kegiatan PBL (Anugraheni, 2018). Penelitian yang dilakukan oleh Sihaloho & Saragih (2024) diperoleh bahwa PBL dapat mendorong tumbuhnya kemampuan berpikir kritis. Pada penelitian (Sianturi et al., 2018) juga diperoleh bahwa peserta didik yang memperoleh pembelajaran dengan model PBL mempunyai kemampuan berpikir kritis matematis lebih tinggi dibandingkan dengan peserta didik yang memperoleh pembelajaran konvensional.

STEM yang diintegrasikan dalam model PBL memiliki peran sebagai konteks permasalahan. Melalui pengintegrasian STEM peserta didik dapat mengoptimalkan kemampuan berpikir kritisnya, karena permasalahan yang diintegrasikan STEM berdasarkan dengan permasalahan yang ada didunia nyata. STEM dapat membantu pengoptimalan yang lebih terhadap kemampuan berpikir kritis jika diintegrasikan dengan PBL. Prestasi matematika peserta didik dan kemampuan matematika abad ke 21, khususnya berpikir kritis dan pemecahan masalah, dapat ditingkatkan dengan mengintegrasikan STEM ke dalam pembelajaran matematika (Saputri & Herman, 2022). Hal ini sejalan dengan penelitian Ritonga & Zulkarnaini (2021) yang menunjukkan bahwa integrasi STEM dalam proses pembelajaran berpengaruh secara signifikan terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Selain itu, penelitian yang dilakukan Kusyanto et al., (2022) diperoleh bahwa peserta didik yang memperoleh pendekatan STEM menunjukkan lebih banyak kemajuan dalam kemampuan berpikir kritis daripada peserta didik yang memperoleh pembelajaran konvensional.

Berdasarkan peran pentingnya, media pembelajaran turut menyumbang optimalisasi kemampuan berpikir kritis. Geogebra merupakan media pembelajaran yang berguna bagi peserta didik dalam

menyelesaikan masalah. Geogebra digunakan sebagai media pengilustrasian konsep-konsep matematika secara visual sehingga peserta didik terbantu dalam memahami materi. Geogebra memiliki dampak positif, efisien, dan unggul atas kemampuan matematika peserta didik selama proses pembelajaran (Suciati et al., 2022). Pembelajaran yang menggunakan Geogebra berpengaruh terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik (Wulansari et al., 2022). Menurut penelitian (Huda et al., 2023) aplikasi Geogebra membuat peserta didik terbantu saat belajar matematika dengan meningkatkan kemampuan berpikir kritisnya. Aplikasi Geogebra ini membuat peserta didik terbantu ketika menyelesaikan masalah sehingga dapat berpikir kritis.

4. Simpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah diuraikan menunjukkan adanya keterkaitan antara PBL, STEM dan Geogebra terhadap kemampuan berpikir kritis. Pembelajaran dengan model PBL terintegrasi STEM berbantuan Geogebra merupakan inovasi pembelajaran yang dapat membantu mengoptimalkan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Peserta didik diajarkan untuk mengatasi masalah dunia nyata melalui PBL dan STEM, yang memungkinkan mereka untuk menggunakan kemampuan berpikir kritis. Kemampuan berpikir kritis peserta didik dapat dioptimalkan dengan menggunakan Geogebra karena dapat digunakan untuk membantu memecahkan masalah. Dengan demikian, diyakini bahwa kaitan ini dapat diterapkan pada pengajaran di kelas secara langsung sehingga dapat memberikan kontribusi secara langsung dalam mengoptimalkan kemampuan berpikir kritis peserta didik dan sebagai upaya menghadapi berbagai tantangan pada abad 21.

Daftar Pustaka

Acar, D., Tertemiz, N., & Taşdemir, A. (2018). The Effects of STEM Training on the Academic Achievement of 4th Graders in Science and Mathematics and Their Views on STEM Training Teachers. *International Electronic Journal of Elementary Education*, *10*(4), 505–513.

Agung, S. (2018). Pemanfaatan Aplikasi Geogebra dalam Pembelajaran Matematika SMP. *Prosiding Seminar Nasional*, *03*(1), 312–417.

Anugraheni, I. (2018). Meta Analisis Model Pembelajaran Problem Based Learning dalam Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis di Sekolah Dasar. *Polyglot: Jurnal Ilmiah*, *14*(1), 9. https://doi.org/10.19166/pji.v14i1.789

Arends, R. I. (2012). *Learning to Teach* (9th ed.). New York : The McGraw-Hill Companies, Americas.

Astuti, P. (2018). Kemampuan Literasi Matematika dan Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi. *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika*, *1*(1), 263–268.

Esema, D., Susari, E., & Kurniawan, D. (2012). Problem-Based Learning. *Satya Widya*, *28*(2), 167–174.

Facione, P. A. (2015). Critical Thinking : What It Is and Why It Counts. *Insight Assessment*, *1*(1), 1–30.

Fiteriani, I., Diani, R., Hamidah, A., & Anwar, C. (2021). Project-based learning through STEM approach: Is it effective to improve students' creative problem-solving ability and metacognitive skills in physics learning? *Journal of Physics: Conference Series*, *1796*(1), 1–13.

Hohenwarter, M., Jarvis, D., & Lavicza, Z. (2009). Linking geometry, algebra, and mathematics teachers: GeoGebra software and the establishment of the International GeoGebra Institute. *International Journal for Technology in Mathematics Education*, *16*(2), 83.

Huda, N., Ikhlas, A., Rukhmana, T., & Huriati, N. (2023). Efektivitas Aplikasi Geogebra Terhadap Keterampilan Berpikir Krtitis Matematika Siswa. *Journal on Education*, *5*(4), 13307–13314.

Kusyanto, K., Irwan, E., & Yazid, I. (2022). Implementasi Pendekatan STEM untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis, Berpikir Kreatif dan Self –Efficacy. *Pasundan Journal of Mathematics Education : Jurnal Pendidikan Matematika*, *12*(2), 1–16.

Masrinah, E. N., Aripin, I., & Gaffar, A. A. (2019). Problem Based Learning untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis: *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan*, *1*, 924–932.

Milaturrahmah, N., Mardiyana, M., & Pramudya, I. (2017). Mathematics Learning Process with Science,

Technology, Engineering, Mathematics (STEM) Approach in Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*, *895*(1), 1–7.

Nopiyani, D., Turmudi, & Prabawanto, S. (2016). Penerapan Pembelajaran Matematika Realistik Berbantuan GeoGebra untuk Meningkatkan Kemampuan Komunikasi Matematis Siswa SMP. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, *5*(2), 45–52.

OECD. (2023). *PISA 2022 Results (Volume II): Learning During and From Disruption: Vol. II. OECD Publishing*.

Pauweni, K. A. Y., Uwange, D. I., Ismail, S., & Kobandaha, P. E. (2022). Peningkatan Hasil Belajar Siswa pada Materi Teorema Pythagoras Menggunakan Aplikasi Geogebra di Kelas VIII SMP Negeri 15 Gorontalo. *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika*, *6*(3), 2660–2672.

Rahayu, R., Iskandar, S., & Abidin, Y. (2022). Inovasi Pembelajaran Abad 21 dan Penerapannya di Indonesia. *Jurnal Basicedu*, *6*(2), 2099–2104.

Ratnawati, D., Handayani, I., & Hadi, W. (2020). Pengaruh Model Pembelajaran PBL Berbantu Question Card Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa SMP. *Edumatica : Jurnal Pendidikan Matematika*, *10*(01), 44–51.

Ritonga, S., & Zulkarnain, Z. (2021). Penerapan Pendekatan STEM untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Jurnal Studi Guru Dan Pembelajaran*, *4*(1), 75–81.

Saputri, V., & Herman, T. (2022). Integrasi STEM dalam Pembelajaran Matematika: Dampak Terhadap Kompetensi Matematika Abad 21. *Journal Pembelajaran Matematika Inovatif*, *5*(1), 247–260.

Sianturi, A., Sipayung, T. N., & Simorangkir, F. M. A. (2018). Pengaruh Model Problem Based Learning Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa SMP. *UNION: Jurnal Pendidikan Matematika*, *6*(1), 29–4256.

Sihaloho, S. M., & Saragih, M. J. (2024). Penerapan Model Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Pada Pembelajaran Matematika Implementation of the Problem Based Learning Model To Improve Students' Critical Thinking Skills in Mathematics Learning]. *JOHME: Journal of Holistic Mathematics Education*, *8*(1), 101.

Suciati, I., Mailili, W. H., & Hajerina, H. (2022). Implementasi Geogebra Terhadap Kemampuan Matematis Peserta Didik dalam Pembelajaran: a Systematic Literature Review. *Teorema: Teori Dan Riset Matematika*, *7*(1), 27–42.

Tomić, M. K., Aberšek, B., & Pesek, I. (2019). GeoGebra as a spatial skills training tool among science, technology engineering and mathematics students. *Computer Applications in Engineering Education*, *27*(6), 1506–1517.

Torlakson, T. (2014). *Innovate: A Blueprint for Science, Technology, Engineering, and Mathematics in California Public Education, A Report by State Superintendent of Public Instruction Tom Torlakson's STEM Task Force* (Issue May). California: California Departement of Education.

Wulansari, N., Raditya, A., & Sukmawati, R. (2022). Penerapan Penggunaan Media Aplikasi GeoGebra untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Seminar Nasional Pendidikan Matematika UMT*, 1–8.

Yanti, A. H. (2017). Penerapan Model Problem Based Learning (PBL) terhadap Kemampuan Komunikasi dan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematika Siswa Seklah Menengah Pertama Lubuklinggau. *Jurnal Pendidikan Matematika Raflesia*, *2*(2), 118–129.

Zubaidah, S. (2018). Mengenal 4C: Learning and Innovation Skills untuk Menghadapi Era Revolusi Industri 4.0. *Prosiding Seminar Science Education National Conference*, *13*(2), 1–10.