

Analisis Perkembangan Pembelajaran STEM (Science, Technology, Engineering, And Mathematics) pada Keterampilan Abad 21

Nailatul Khalishah¹, Umi Mahmudah²
UIN K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan
khalishahnailatul@gmail.com¹

Abstract

STEM is an acronym for Science, Technology, Engineering, and Mathematics. This term was first launched by the National Science Foundation (NSF) of the United States (US) in the 1990s as the theme of the education reform movement to grow the workforce in STEM fields, as well as develop STEM literate citizens, and increase United States global competitiveness in science and technology innovation. STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) is a new educational approach that integrates science, technology, engineering, and mathematics in the learning process focusing on problem-solving in everyday life. Mathematics is one of the areas of education or learning that plays an important role in the development of science and technology. Learning in the 21st Century requires students to have 4 skills, namely critical thinking (critical thinking), creative thinking (creative thinking), communication (communication), and collaboration (collaboration). Which, STEM is an approach that can facilitate students with an effective learning environment to improve mathematical abilities and 21st-century skills. The purpose of this study is to analyze the development of STEM learning on 21st-century skills: 4C (Critical thinking, Creative thinking, Communication, and Collaboration) by providing a description through a literature review approach or literature study in previous research national and international journals that can be downloaded on the Google Scholar database and National Library related to STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) in 21st-century skills, namely 4C skills (Critical thinking, Creative thinking, Communication, and Collaboration). The results show that learning using the STEM approach (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) is very effective and has a positive effect on students, namely 21st-century skills.

Keywords: STEM approach, 21st Century Skills

Abstrak

STEM merupakan akronim dari Science, Technology, Engineering, and Mathematics. Istilah ini pertama kali diluncurkan oleh National Science Foundation (NSF) Amerika Serikat (AS) pada tahun 1990 – an sebagai tema gerakan reformasi pendidikan untuk menumbuhkan angkatan kerja bidang – bidang STEM, serta mengembangkan warga negara yang melek STEM (STEM literate), serta meningkatkan daya saing global Amerika Serikat dalam inovasi iptek. STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) merupakan salah satu pendekatan pendidikan baru yang mengintegrasikan sains, teknologi, teknik, dan matematika dalam proses pembelajaran berfokus pada pemecahan masalah dalam kehidupan sehari – hari. Matematika adalah salah satu ranah pendidikan atau pembelajaran yang memegang peranan penting dalam pengembangan ilmu dan teknologi. Pembelajaran di Abad 21 menuntut peserta didik untuk memiliki 4 keterampilan yaitu critical thinking (berpikir kritis), creative thinking (berpikir kreatif), communication (komunikasi), dan collaboration (kolaborasi). Yang mana, STEM sebagai suatu pendekatan yang dapat memfasilitasi siswa dengan lingkungan belajar yang efektif untuk meningkatkan kemampuan matematika dan keterampilan abad 21. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis perkembangan pembelajaran STEM pada keterampilan abad 21 : 4C (Critical thinking, Creative thinking, Communication, and Collaboration) dengan memberikan deskripsi melalui pendekatan kajian literatur atau studi pustaka pada jurnal – jurnal nasional dan internasional penelitian

terdahulu yang dapat diunduh pada database Google Scholar dan Perpustakaan yang terkait dengan STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) pada keterampilan abad 21 yaitu keterampilan 4C (Critical thinking, Creative thinking, Communication, and Collaboration). Hasil penelitian menunjukkan bahwa Pembelajaran dengan menggunakan pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) sangat efektif dan berpengaruh positif bagi siswa yaitu pada keterampilan abad 21.

Kata kunci : Pendekatan STEM, Keterampilan Abad 21

PENDAHULUAN

Matematika adalah salah satu ranah pendidikan atau pembelajaran yang memegang peranan penting dalam pengembangan ilmu dan teknologi. Pembelajaran di Abad 21 menuntut peserta didik untuk memiliki 4 keterampilan yaitu *critical thinking* (berpikir kritis), *creative thinking* (berpikir kreatif), *communication* (komunikasi), dan *collaboration* (kolaborasi) (Wulandari, 2019). Peserta didik juga dituntut untuk memiliki keterampilan, pengetahuan, dan keahlian yang harus dikuasai di bidang teknologi, media dan informasi. Hal ini dikarenakan pembelajaran di Abad 21 menuntut pembelajaran yang terintegrasi dengan teknologi (Rahmawati dan Juandi, 2022). STEM memfasilitasi siswa dengan lingkungan belajar yang efektif untuk meningkatkan kemampuan pembelajaran dan keterampilan abad 21 lainnya (Saputri dan Herman, 2022). Keterampilan abad 21 yang harus dikembangkan dalam pembelajaran berbagai ranah pendidikan adalah seperti yang telah disebut sebelumnya yaitu *critical thinking and problem solving*, *creativity*, *communication skills*, dan *ability to work collaboratively* (Saputri dan Herman, 2022).

Seperti yang diketahui sekarang, perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan yang semakin meningkat memberikan berbagai inovasi Pendidikan yang memberikan warna dari pemahaman pendidikan. Perkembangan teknologi membawa dampak positif yakni mempermudah dilakukannya suatu proses pembelajaran. Kemajuan teknologi yang terjadi di dalam atau di luar kelas dapat memungkinkan siswa untuk menjadi pembelajar yang aktif (Saputri dan Herman, 2022).

Penggunaan pendekatan pendidikan baru dan teknologi dapat bermanfaat dalam mengintegrasikan keterampilan abad 21 dan kompetensi utama dalam. *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) merupakan salah satu pendekatan pendidikan baru yang mengintegrasikan sains, teknologi, teknik, dan matematika dalam proses pembelajaran berfokus pada pemecahan masalah dalam kehidupan sehari-hari (Saputri dan Herman, 2022).

Pendidikan STEM integratif merupakan suatu pendekatan pengajaran dan pembelajaran antara dua atau lebih dalam komponen STEM, atau antara satu komponen STEM dengan disiplin ilmu lain (Sanders, 2009). *Science* mengaitkan Matematika dengan

fenomena alam atau sesuatu yang kita temui di alam sekitar. *Technology* terkait dengan alat ataupun inovasi buatan manusia yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan hidup secara ekonomis dan ramah lingkungan. *Engineering* terkait dengan keterampilan dan pengetahuan untuk mendesain dan mengkonstruksi mesin atau peralatan dan proses yang bermanfaat untuk memecahkan masalah dunia nyata. Sedangkan Matematika terkait dengan pola dan hubungan sebagai bahasa bagi teknologi, sains, dan teknik (Rahmawati dan Juandi, 2022).

Dilihat dari beberapa informasi tersebut penulis ingin untuk lebih lanjut melakukan penelitian tentang perkembangan pembelajaran STEM dan Pengaruhnya terhadap keterampilan abad 21 yaitu keterampilan 4C (*Critical thinking, Creative thinking, Communication, and Collaboration*), dengan mengambil judul Analisis Perkembangan Pembelajaran STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) Pada Keterampilan Abad 21: 4C (*Critical thinking, Creative thinking, Communication, and Collaboration*).

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Studi literatur (*Literature Study Research*), yaitu pada jurnal - jurnal nasional dan internasional yang diambil dari database Google Scholar dan Perpustakaan. Kemudian dilakukan seleksi dan analisis serta perkembangannya pada jurnal - jurnal nasional dan internasional tersebut. Analisis dilakukan untuk mencari *Subject, Object, Learning Object, Learning Objectives*, dan Pengaruhnya terhadap kemampuan siswa yang sesuai dengan keterampilan Abad 21 yaitu 4C (*Critical thinking, Creative thinking, Communication, and Collaboration*). Dengan populasi semua jurnal yang ada pada database Google Scholar dan Perpustakaan yaitu jurnal tentang pembelajaran STEM dan pengaruhnya terhadap kemampuan siswa (keterampilan Abad 21), sampel diambil berdasarkan jurnal dengan penelitian yang relevan. Sedangkan, pendekatan yang digunakan adalah pendekatan deskriptif kualitatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Definisi STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*)

Dalam suatu keterangan Rosnawati (2012) mengungkapkan bahwa, Pembelajaran yang mewajibkan siswa mengembangkan gagasan melalui langkah khusus dengan memanipulasi pengetahuan yang didapat yang menghasilkan pengetahuan baru disebut dengan kemampuan berpikir tingkat tinggi atau *Higher Order Thinking Skill (HOTS)*. Kemampuan ini dapat muncul ketika siswa mampu menghubungkan berbagai informasi atau

pengetahuan yang didapat dengan informasi yang telah ada sebelumnya untuk selanjutnya dikembangkan dengan memecahkan kesimpulan dari informasi tersebut.

Davidi dkk (2021) juga menyampaikan bahwa, Kemampuan berpikir tingkat tinggi meliputi kemampuan berpikir kritis, kemampuan berpikir kreatif dan kemampuan memecahkan masalah. Kemampuan dalam mengenal, menganalisis, mengkreasi, mengambil data secara obyektif dan mengevaluasi data dinamakan kemampuan berpikir kritis. Selanjutnya kemampuan dalam memecahkan masalah yang rumit dengan menciptakan gagasan baru dan belum terpublikasi dinamakan dengan kemampuan berpikir kreatif. Kemudian, kemampuan dalam memberikan jawaban atau solusi dalam suatu permasalahan dinamakan dengan kemampuan memecahkan masalah. Kemampuan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking*) yang berfungsi untuk mempelajari pengetahuan dengan melakukan identifikasi masalah dan akhirnya menemukan pemecahan masalah yang kreatif.

STEM merupakan akronim dari *Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Istilah ini pertama kali diluncurkan oleh National Science Foundation (NSF) Amerika Serikat (AS) pada tahun 1990 – an sebagai tema gerakan reformasi pendidikan untuk menumbuhkan angkatan kerja bidang – bidang STEM, serta mengembangkan warga negara yang melek STEM (STEM literate), serta meningkatkan daya saing global Amerika Serikat dalam inovasi iptek. Awalnya istilah yang digunakan adalah SMET namun diubah menjadi STEM untuk membantu mempromosikannya empat disiplin STEM adalah Sains, Teknologi, Teknik, dan Matematika dan dapat diringkas sebagai berikut:

- 1) Sains memungkinkan kita untuk mengembangkan minat dan pemahaman tentang dunia kehidupan, materi, dan fisik serta mengembangkan keterampilan kolaborasi, penelitian, penyelidikan kritis, dan eksperimen
- 2) Teknologi mencakup berbagai bidang yang melibatkan penerapan pengetahuan, keterampilan, dan berpikir komputasi untuk memperluas kemampuan manusia dan membantu memenuhi kebutuhan dan keinginan manusia
- 3) Engineering adalah keterampilan dan pengetahuan untuk mendesain dan mengkonstruksi mesin atau peralatan dan proses yang bermanfaat untuk memecahkan masalah dunia nyata
- 4) Matematika membekali kita dengan keterampilan yang diperlukan untuk menafsirkan dan menganalisis informasi, menyederhanakan dan menyelesaikan masalah, menilai risiko, membuat keputusan berdasarkan informasi dan memahami lebih lanjut dunia di sekitar kita melalui pemodelan masalah abstrak dan konkret (Department of Education and Skills, 2011)

Keterampilan Berpikir Kritis (*Critical Thinking*)

Setyaningtiyas (2019) menyampaikan bahwa, definisi berpikir kritis diartikan sebagai kemampuan untuk berpikir kembali, menguji kembali, merestrukturisasi pemikiran yang sudah ada. Hal ini dikarenakan pesatnya perkembangan zaman modern ini, yang menuntut masyarakat untuk selalu menyempurnakan keterampilannya agar dapat berfungsi dengan lebih efektif dan efisien dalam komunikasi dan interaksi global. Supardi dkk (2021) juga mengungkapkan bahwa, seseorang tidak akan dapat berfungsi atau melakukan sesuatu hanya dengan satu cara, bahkan akan selalu ada gejolak, dinamika yang tak terprediksi dan kompleks. Oleh karena itu dibutuhkan suatu kemampuan berpikir yang juga. Dengan asumsi bahwa berpikir kritis adalah juga bagian dari keterampilan kognitif, maka keterampilan berpikir kritis menjadi suatu proses pengoptimalan kemampuan berpikir menuju tahapan yang lebih kompleks.

Mendukung asumsi tersebut Lau (dalam Davidi dkk, 2021) menjelaskan “...*Critical thinking is thinking clearly and rationally. It involves thinking precisely and systematically and following the rules of logic and scientific reasoning, among another things*”. Berpikir kritis menuntut individu untuk berpikir secara lebih jernih, rasional, tersistematis, logis dan memiliki alasan ilmiah mendasar yang memungkinkannya berbeda dari konsep berpikir metakognitif ataupun berpikir kreatif. Dengan prinsip berpikir yang lebih kompleks tersebut, konteks berpikir kritis menjadi semakin objektif dan mendasar. Hasil kajian dari pemikiran kritis, akan memungkinkan individu mengambil keputusan dan pilihan yang tepat sesuai yang dibutuhkan.

Tabel 1. Perkembangan STEM pada Keterampilan Berpikir Kritis (*Critical Thinking*)

No	Author	Judul Artikel	Dampak terhadap Keterampilan Berpikir Kritis
1	Slamet Harjo Santoso, Mosik (2019)	Keefektifan LKS Berbasis STEM (<i>Science, Technology, Engineering and Mathematics</i>) untuk Melatih Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Pembelajaran Fisika SMA	Berdasarkan analisis hasil pengukuran keterampilan berpikir kritis melalui metode pretest-posttest didapatkan kesimpulan sebagai berikut: Keefektifan LKS berbasis STEM untuk melatih keterampilan berpikir kritis siswa dikategorikan dalam kategori sedang yang ditunjukkan dengan indeks n gain sebesar 0,55. Selain itu, setelah melakukan pembelajaran berbantuan LKS berbasis STEM menunjukkan peningkatan profil keterampilan berpikir kritis siswa pada pembelajaran Fisika SMA.
2	Toto dkk (2019)	Model Project Based Learning (PjBL) Berbasis STEM Untuk	Hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan: 1) Model <i>Project Based Learning</i> (PjBL) berbasis

		Meningkatkan Penguasaan Konsep Dan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa	STEM (<i>Science, Technology, Engineering and Mathematics</i>) dapat meningkatkan penguasaan konsep siswa (sedang) 2) Model <i>Project Based Learning</i> (PjBL) berbasis STEM (dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa (tinggi)
3	Fitri Handayani (2020)	Membangun Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Melalui Literasi Digital Berbasis STEM pada Masa Pandemi Covid 19	Kesimpulan yang diperoleh adalah membangun keterampilan berpikir kritis peserta didik dapat meningkatkan pengetahuan literasi digital peserta didik. Begitupun sebaliknya dengan pembelajaran budaya literasi digital berbasis STEM dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Dan diharapkan dalam implementasi kurikulum 2013, semua guru mampu mengintegrasikan kegiatan budaya literasi digital berbasis STEM di dalam kegiatan pembelajarannya sehingga pada akhirnya dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik yang pada akhirnya mempengaruhi efektifitas hasil belajar khususnya hasil belajar.
4	Supardi dkk (2021)	Integrasi Pendekatan STEM untuk Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Sekolah Dasar	Ada perbedaan signifikan keterampilan berpikir kritis siswa kelompok kontrol antara sebelum dan sesudah pembelajaran dengan menggunakan pendekatan STEM, sehingga dapat disimpulkan bahwa pembelajaran dengan pendekatan STEM terbukti efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa sekolah dasar se-kecamatan Wae Ri'i.
5	Zulkarna in dan Ritonga (2021)	Penerapan Pendekatan STEM untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik	Penerapan STEM dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik di kelas X MAN 3 Kabupaten Bireuen pada materi pencemaran lingkungan. Selain itu itu, terdapat perbedaan KBK peserta didik antara kelas eksperimen dan kelas kontrol di kelas X MAN 3 Kabupaten Bireuen pada materi pencemaran lingkungan.
6	Dywan dan Airlanda (2020)	Efektivitas Model Pembelajaran Project Based Learning Berbasis STEM Dan Tidak Berbasis STEM Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa	Penggunaan model pembelajaran PjBL berbasis STEM lebih efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa kelas IV muatan pembelajaran IPA.

Keterampilan Berpikir Kreatif (*Creative Thinking*)

Marliani (2015) mengungkapkan bahwa, kemampuan berpikir kreatif merupakan kegiatan yang bisa melahirkan suatu ide maupun gagasan baru guna menyelesaikan permasalahan dan dapat menghubungkan beberapa hal untuk menghasilkan makna baru. Kemampuan ini penting dimiliki oleh siswa sebab dalam keseharian masing - masing individu akan mendapatkan masalah yang harus segera diselesaikan yang memaksa siswa untuk berpikir kreatif agar bisa memperoleh pemecahan permasalahan dengan berbagai solusi. Kemampuan berpikir kreatif juga bisa membantu peserta didik dalam pembelajaran matematika sehingga siswa bisa menemukan maupun menciptakan kreativitas yang dapat diterapkan dalam kehidupan sehari - hari.

Menurut Munandar (dalam Rasnawati dkk., 2019) mengatakan bahwa proses kemampuan berpikir kreatif dilakukan dari beberapa proses, yakni:

- 1) *Fluency*/Kelancaran : kemampuan untuk menghasilkan pertanyaan dalam jumlah yang banyak.
- 2) *Flexibility*/Keluwesasan : kemampuan untuk menghasilkan banyak pemikiran.
- 3) *Originality*/Keaslian : berpikir dengan cara yang baru atau unik.
- 4) *Elaboration*/Elaborasi : kemampuan untuk menambah atau memperinci suatu objek, gagasan, atau situasi.

Sedangkan menurut Silver (dalam Richardo dkk, 2014) indikator kemampuan berpikir kreatif ada 3, yaitu:

- 1) *Fluency*/Kefasihan : siswa dapat menyelesaikan soal dengan beragam dan bernilai benar.
- 2) *Flexibility*/Fleksibilitas : siswa dapat menemukan jawaban dengan berbagai cara dan bernilai benar.
- 3) *Novelty*/kebaruan : siswa mampu mencari cara baru yang berbeda.

Tabel 2. Perkembangan STEM pada Keterampilan Berpikir Kreatif (*Creative Thinking*)

No	Author	Judul Artikel	Dampak terhadap Keterampilan Berpikir Kreatif
1	Kurniadi dkk (2019)	Pengembangan Modul Fisika STEM Terintegrasi Kearifan Lokal "Beduk" untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa SMP	Modul fisika ini dikembangkan berdasarkan kearifan lokal beduk yang berorientasi pada indikator kemampuan berpikir kreatif. Pengembangan modul telah terintegrasi dengan berbagai bidang disiplin ilmu <i>Science, Technology, Engineering, dan Mathematics</i> (STEM). Modul yang dikembangkan layak digunakan serta mendapat respon siswa yang baik. Kemampuan berpikir kreatif siswa diketahui mengalami peningkatan dengan N-gain sebesar 0,92 kategori tinggi.

			Berdasarkan evaluasi modul pengembangan modul yang baru telah sesuai dengan STEM yang terintegrasi secara keseluruhan. Modul Fisika STEM terintegrasi kearifan lokal “beduk” untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif ini layak digunakan sebagai pendamping buku paket di sekolah.
2	Madlazim dan Wulandari (2019)	Penerapan Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Metode STEM Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kreatif Pada Materi Pemanasan Global	Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan data penelitian yang diperoleh pembelajaran inkuiri terbimbing menggunakan metode STEM terlaksana dengan baik. Keterampilan berfikir kreatif peserta didik mengalami peningkatan setelah diterapkan model pembelajaran inkuiri terbimbing, hal tersebut diperkuat dengan meningkatkan nilai pre-test dan post-test berbeda signifikan. Keterampilan berfikir kreatif peserta didik pada materi pemanasan global terlihat meningkat pada tahap setiap indikatornya. Dan pembelajaran inkuiri terbimbing menggunakan STEM mendapat respon yang baik dari peserta didik dengan persentase sebesar 90%.
3	Heryanti (2020)	Pembelajaran Berbasis STEM Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Energi Dan Keterampilan Berpikir Kreatif Melalui Proyek PLTMH	Pembelajaran berbasis STEM melalui proyek PLTMH, dapat meningkatkan pemahaman konsep Energi dan ketrampilan berfikir kreatif pada siswa kelas VII D SMPN 4 Sumedang.
4	Hasanah dkk (2020)	Peningkatan Kemampuan Berpikir Kreatif Matematis Siswa Melalui Model Project - Based Learning Dengan Pendekatan STEM	Berdasarkan hasil analisis temuan penelitian dan pembahasan yang telah dijabarkan, dapat disimpulkan bahwa: (1) Kemampuan berpikir kreatif matematis siswa setelah diterapkannya model Project-Based Learning dengan pendekatan STEM memperoleh peningkatan dibandingkan sebelum diterapkan pembelajaran dengan kategori tinggi; dan (2) respons yang diberikan siswa terhadap model <i>Project-Based Learning</i> dengan pendekatan STEM diperoleh rata-rata sebesar 67,3% yang berarti sikap yang diberikan siswa berada dalam kategori cukup baik.

Keterampilan Komunikasi (*Communication*)

Pada Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 60 Tahun 2014 tentang Kurikulum 2013 SMK/MAK disebutkan bahwa salah satu tujuan pembelajaran matematika adalah siswa dapat mengomunikasikan gagasan, penalaran, serta mampu menyusun bukti matematika dengan menggunakan kalimat lengkap, simbol, tabel, diagram, atau media lain untuk memperjelas keadaan atau masalah. Dengan demikian, komunikasi merupakan salah satu kemampuan yang dikembangkan dalam pembelajaran matematika. Lomibao (2016)) mengungkapkan bahwa, kemampuan komunikasi matematis adalah suatu kemampuan yang dimiliki siswa untuk mengekspresikan ide - ide mereka, mendeskripsikan, dan menjelaskan konsep - konsep matematika secara runtut dan jelas. Dengan kemampuan komunikasi matematis siswa ditantang untuk mengomunikasikan ide - ide mereka baik secara tertulis maupun lisan kepada teman, guru, atau orang lain sehingga akan mendorong siswa agar berpikir dan bernalar yang akhirnya ide - ide mereka diekspresikan melalui tulisan, diagram, tabel, gambar, aljabar, maupun verbal. Pentingnya komunikasi matematis juga diungkapkan oleh NCTM (2000) bahwa komunikasi adalah bagian yang mendasar dalam matematika dan pembelajaran matematika.

Qohar (2011) menyampaikan, Kemampuan komunikasi matematis yang baik dapat mendukung kemampuan lainnya, salah satunya problem solving. Dengan kemampuan komunikasi matematis yang baik, masalah dapat dengan segera direpresentasikan dengan tepat dan representasi itu kemudian membantu dalam penyelesaiannya. Rohmawati (2017) menyampaikan bahwa penyelesaian masalah, dapat terjadi melalui proses komunikasi simbolik, logis dan verbal. Komunikasi simbolik adalah saat siswa memahami masalah dan menyatakannya dalam bahasa matematika/symbol. Komunikasi logis terjadi saat siswa melakukan proses penyelesaian yang biasanya memuat implikasi atau aturan logika matematika. Komunikasi verbal yaitu saat siswa menuliskan penjelasan atau kesimpulan dengan kalimat biasa. Semua proses komunikasi ini dapat diamati dari jawaban siswa saat diberikan masalah/soal.

Kemudian berdasarkan kriteria QCAI, siswa dapat dikatakan memiliki komunikasi matematis tulis yang baik apabila mereka mampu merespon dengan jelas, memodelkan kalimat biasa menjadi kalimat matematika, mengkomunikasikan ide matematis secara efektif pada orang lain dan memberikan argumen untuk mendukung jawaban. Menurut NCTM (2000) tandar komunikasi harus memungkinkan semua siswa untuk (1) mengatur dan menggabungkan berpikir matematisnya melalui komunikasi, maksudnya adalah masalah yang diberikan sebaiknya masalah yang memungkinkan siswa mengorganisasikan dan

menghubungkan pengetahuannya; (2) mengomunikasikan gagasan matematisnya secara koheren dan jelas ke teman, guru atau orang lain, maksudnya adalah masalah yang diberikan memungkinkan siswa untuk mengungkapkan ide/gagasan matematisnya; (3) menganalisis dan mengevaluasi gagasan matematis dan strategi orang lain, maksudnya adalah soal yang diberikan sebaiknya memuat pendapat atau gagasan matematis yang kemudian memungkinkan siswa untuk mengevaluasinya; (4) menggunakan bahasa matematika untuk mengekspresikan gagasan matematis secara tepat, maksudnya adalah soal yang diberikan sebaiknya berupa soal cerita sehingga memungkinkan siswa menyatakan kalimat biasa menjadi kalimat matematika.

Tabel 3. Perkembangan STEM pada Keterampilan Komunikasi (*Communication*)

No	Author	Judul Artikel	Dampak terhadap Keterampilan Komunikasi
1	Chalim dkk (2019)	Kemampuan Komunikasi Matematis Siswa SMK Ditinjau dari <i>Self Efficacy</i> pada <i>Setting</i> Pembelajaran <i>Project-Based Learning</i> Terintegrasi STEM	Simpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah (1) kemampuan komunikasi matematis siswa yang memperoleh pembelajaran PjBL STEM mencapai ketuntasan klasikal, (2) rata-rata kemampuan komunikasi matematis siswa yang memperoleh pembelajaran PjBL STEM lebih dari rata-rata kemampuan komunikasi matematis siswa yang memperoleh pembelajaran Discovery Learning.
2	Mahmudi dan Mawaddah (2021)	Analisis Kemampuan Komunikasi Matematika Siswa Melalui Penggunaan <i>Project-Based Learning</i> Terintegrasi STEM	Kesimpulan yang diperoleh dari penerapan pembelajaran <i>Project-Based Learning</i> terintegrasi STEM bahwa terjadi peningkatan kemampuan komunikasi matematika siswa dalam tiga aspek yang diteliti, yaitu menghubungkan ide matematis berdasarkan gambar maupun representasi matematika yang relevan, menggunakan gambar maupun representasi matematis yang sesuai untuk menyampaikan ide matematis, dan menggunakan bahasa matematika untuk menyelesaikan permasalahan matematis. Selain itu, sebanyak 78,125% siswa termasuk dalam kategori tuntas berdasarkan KKM yang digunakan pada kelas penelitian.

Keterampilan Berkolaborasi (*Collaboration*)

Kolaborasi dapat didefinisikan sebagai kemitraan antara dua atau lebih siswa, yang berbagi tanggung jawab, akuntabilitas, dan peran untuk mencapai pemahaman bersama tentang masalah dan solusinya (Alexandra & Barton, 2017). Kolaborasi (*Collaboration*) berarti membuat peserta didik untuk bekerja bersama, mencapai kompromi, dan mendapatkan hasil

terbaik dalam menyelesaikan masalah Kolaborasi mungkin merupakan konsep yang paling sulit di antara 4C ini. Namun, begitu dikuasai, keterampilan ini dapat meningkatkan semangat belajar. Unsur utama dari kolaborasi adalah kemauan. Semua peserta didik harus rela mengorbankan bagian dari ide mereka sendiri dan mengadopsi ide yang lain untuk mendapatkan hasil terbaik bagi kelompok (Kholifah dkk, 2022).

Tabel 4. Perkembangan STEM pada Keterampilan Berkolaborasi (*Collaboration*)

No	Author	Judul Artikel	Dampak terhadap Keterampilan Berkolaborasi
1	Latip dkk (2022)	Pengembangan Pembelajaran dengan Proyek Kolaborasi Berbasis Pendidikan STEM di MTs Al Musaddadiyah Kab. Garut	Kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang dilaksanakan oleh dosen program studi pendidikan IPA Universitas Garut menggunakan pendekatan workshop dengan 3 tahapan pelaksanaan, yaitu pemaparan materi, pelaksanaan FGD, dan pemaparan hasil FGD. Hasil dari ketiga tahapan tersebut berupa rancangan pembelajaran proyek kolaborasi antar mata pelajaran dalam bentuk rancangan pemetaan kompetensi dasar, penentuan tema, penentuan rumusan masalah utama dan rancangan pelaksanaan pembelajaran. Pada akhir kegiatan diberikan kuesioner kepada para guru untuk mendapatkan umpan balik kegiatan yang telah dilaksanakan. Hasil kuesioner menunjukkan bahwa secara umum para guru memberikan respon positif untuk kegiatan pengabdian yang dilaksanakan.
2	Yulianti dan Nur Cholis (2021)	Pembelajaran Fisika Berbasis Science Technology Engineering And Mathematics (Stem) Untuk Mengembangkan Keterampilan Kolaborasi	Penerapan pembelajaran fisika menggunakan pendekatan STEM dapat memfasilitasi siswa dalam mengembangkan keterampilan kolaborasi dengan lebih optimal. Hasil uji perbandingan menunjukkan bahwa peningkatan keterampilan kolaborasi antara kelas eksperimen dengan kelas kontrol terdapat perbedaan yang signifikan. Keterampilan kolaborasi siswa setelah diterapkan pembelajaran fisika berpendekatan STEM mengalami peningkatan berdasarkan hasil uji Ngain dengan nilai 0,81 yang menunjukkan pada kriteria tinggi.
3	Mawaddah dkk (2022)	Kelayakan Pembelajaran Berbasis STEM Untuk Meningkatkan	Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa prosedur pengembangan LKS pembelajaran IPA berbasis STEM ini meliputi enam tahapan. Lembar kegiatan siswa pembelajaran IPA berbasis STEM layak

Keterampilan Kolaborasi Siswa SD/MI	digunakan. Hal ini dibuktikan dengan persentase dari aspek kelayakan isi dan penyajian dengan kategori sangat valid, aspek bahasa dengan kategori valid dan aspek desain dengan kategori sangat valid. Lembar kegiatan siswa pembelajaran IPA berbasis STEM juga dapat meningkatkan keterampilan kolaborasi siswa, karena adanya peningkatan keterampilan kolaborasi siswa pada kelas kontrol dan kelas eksperimen. Hal ini dapat dilihat dengan adanya perbedaan hasil rata - rata nilai posttest pada kelas eksperimen dan kelas kontrol yang cukup signifikan. Maka dapat disimpulkan bahwa LKS pembelajaran IPA berbasis STEM untuk meningkatkan keterampilan siswa, layak digunakan.
-------------------------------------	---

PENUTUP

Simpulan

STEM merupakan akronim dari *Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Istilah ini pertama kali diluncurkan oleh National Science Foundation (NSF) Amerika Serikat (AS) pada tahun 1990-an sebagai tema gerakan reformasi pendidikan untuk menumbuhkan angkatan kerja bidang-bidang STEM, serta mengembangkan warga negara yang melek STEM (STEM literate), serta meningkatkan daya saing global Amerika Serikat dalam inovasi iptek. STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) merupakan salah satu pendekatan pendidikan baru yang mengintegrasikan sains, teknologi, teknik, dan matematika dalam proses pembelajaran berfokus pada pemecahan masalah dalam kehidupan sehari - hari. Matematika memegang peranan penting dalam pengembangan ilmu dan teknologi. Pembelajaran di Abad 21 menuntut peserta didik untuk memiliki 4 keterampilan yaitu *critical thinking* (berpikir kritis), *creative thinking* (berpikir kreatif), *communication* (komunikasi), dan *collaboration* (kolaborasi). Yang mana, STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) sebagai suatu pendekatan yang dapat memfasilitasi siswa dengan lingkungan belajar yang efektif untuk meningkatkan kemampuan pembelajaran dan keterampilan abad 21, yaitu pada 4C (*Critical thinking, Creative thinking, Communication, and Collaboration*). Berpikir kritis (*Critical thinking*) menuntut individu untuk berpikir secara lebih jernih, rasional, tersistematis, logis dan memiliki alasan ilmiah mendasar yang memungkinkannya berbeda dari konsep berpikir metakognitif ataupun berpikir kreatif. Dengan prinsip berpikir yang lebih kompleks tersebut, konteks berpikir kritis menjadi semakin objektif dan mendasar. Hasil kajian dari pemikiran

kritis, akan memungkinkan individu mengambil keputusan dan pilihan yang tepat sesuai yang dibutuhkan. Selain berpikir kritis ada juga berpikir kreatif. Berpikir kreatif (*Creative thinking*) merupakan kegiatan yang bisa melahirkan suatu ide maupun gagasan baru guna menyelesaikan permasalahan dan dapat menghubungkan beberapa hal untuk menghasilkan makna baru. Selanjutnya kemampuan Komunikasi (*Communication*), kemampuan komunikasi matematis adalah suatu kemampuan yang dimiliki siswa untuk mengekspresikan ide-ide mereka, mendeskripsikan, dan menjelaskan konsep-konsep matematika secara runtut dan jelas. Dengan kemampuan komunikasi matematis siswa ditantang untuk mengomunikasikan ide - ide mereka baik secara tertulis maupun lisan kepada teman, guru, atau orang lain sehingga akan mendorong siswa agar berpikir dan bernalar yang akhirnya ide - ide mereka diekspresikan melalui tulisan, diagram, tabel, gambar, aljabar, maupun verbal. Dan yang terakhir adalah Kolaborasi (*Collaboration*), Kolaborasi menuntut peserta didik untuk bekerja bersama, mencapai kompromi, dan mendapatkan hasil terbaik dalam menyelesaikan masalah. Kolaborasi merupakan konsep yang paling sulit di antara 4C. Namun, begitu dikuasai, keterampilan ini dapat meningkatkan semangat belajar. Unsur utama dari kolaborasi adalah kemauan. Semua peserta didik harus rela mengorbankan bagian dari ide mereka sendiri dan mengadopsi ide yang lain untuk mendapatkan hasil terbaik bagi kelompok. *critical thinking* (berpikir kritis), *creative thinking* (berpikir kreatif), *communication* (komunikasi), dan *collaboration* (kolaborasi). Hasil penelitian pada beberapa jurnal menunjukkan bahwa Pembelajaran dengan menggunakan pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) sangat efektif dan berpengaruh positif bagi siswa yaitu pada keterampilan abad 21, pada 4C (*Critical thinking, Creative thinking, Communication, and Collaboration*). Terdapat peningkatan yang signifikan pada siswa setelah pembelajaran dialihkan dengan penggunaan pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) terhadap keterampilan abad 21 yaitu 4C (*Critical thinking, Creative thinking, Communication, and Collaboration*).

Saran

Setelah adanya hal ini, diharapkan nantinya guru dapat mengkondisikan pembelajaran dengan menggunakan pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) untuk tujuan meningkatkan kemampuan siswa dalam pembelajaran sesuai dengan keterampilan abad 21 yaitu 4C (*Critical thinking, Creative thinking, Communication, and Collaboration*).

DAFTAR PUSTAKA

- Alexandra, D. F., & Barton, S. M. 2017. Collaboration of General and Special Education Teachers: Perspectives and Strategies. *Intervention in School and Clinic*, 1-8. <https://doi.org/10.1177/1053451217693370>
- Chalim, M. N., Mariani, Scholastika., & Wijayanti, Kristina. 2019. Kemampuan Komunikasi Matematis Siswa SMK Ditinjau dari Self Efficacy pada Setting Pembelajaran Project Based Learning Terintegrasi STEM. *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika* 2, 540-550
- Davidi, E. I. N., Sennen, E., & Supardi, K. 2021. Integrasi Pendekatan STEM (Science, Technology, Enggeenering and Mathematic) Untuk Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Sekolah Dasar. *Scholaria: Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*, 11(1), 11- 22. <https://doi.org/10.24246/j.js.2021.v11.i1.p11-22>
- Dywan, A. A., & Airlanda, G. S. 2020. Efektivitas Model Pembelajaran Project Based Learning Berbasis Stem dan Tidak Berbasis Stem terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Basicedu: Journal of Elementary Education*, 4(2), 344-354.
- Handayani, F. 2020. Membangun Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Melalui Literasi Digital Berbasis STEM pada Masa Pandemi Covid 19 Building Students' Critical Thinking Skills through STEM-Based Digital Literacy during the Pandemic Period Covid 19. *Cendekiaawan*, 2(2), 69-72
- Latip, A., dkk. 2022. Pengembangan Pembelajaran dengan Proyek Kolaborasi Berbasis Pendidikan STEM di MTs Al Musaddadiyah Kab. Garut. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 1(1), 32-39
- Marliani, N. 2015. Peningkatan Kemampuan Berpikir Kreatif Matematis Siswa melalui Model Pembelajaran Missouri Mathematics Project (MMP). *Formatif: Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA*, 5(1), 14-25. <https://doi.org/10.30998/formatif.v5i1.166>
- Mawaddah, R., Triwoelandari, R., & Irfani, F. 2022. Kelayakan LKS Pembelajaran IPA Berbasis STEM untuk Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi Siswa SD/MI. *Jurnal Cakrawala Pendas*, 8(1), 1-14.
- NCTM. 2000. *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston, VA: The National Council of Teachers of Mathematics, Inc.
- Rasnawati, A., Rahmawati, W., Akbar, P., & Putra, H. D. 2019. Analisis Kemampuan Berfikir Kreatif Matematis Siswa SMK Pada Materi Sistem Persamaan Linier Dua Variabel (SPLDV) Di Kota Cimahi. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 3(1), 64-177. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v3i1.87>

- Rosnawati, R. 2012. Enam Tahapan Aktivitas dalam Pembelajaran Matematika untuk Mendayagunakan Berpikir Tingkat Tinggi Siswa. Makalah disajikan dalam Seminar Nasional Revitalisasi MIPA dan Pendidikan MIPA dalam rangka Penguasaan Kapasitas Kelembagaan dan Profesionalisme Menuju WCU, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta. (Online), (<http://staff.uny.ac.id>), diakses 12 September 2018.
- Sanders, M. 2009. Stem, stem education, stemmania. *Skin Research*, 41(1), 49-52. <https://doi.org/10.11340/skinresearch1959.41.49>
- Saputri, V., & Herman, T. 2022. Integrasi Stem dalam Pembelajaran Matematika: Dampak Terhadap Kompetensi Matematika Abad 21. *JPMI: Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif*, 5(1), 247-260.
- Setyaningtyas, E. 2019. Potensi Metode 1:4:P:C:R untuk Mengembangkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Kreatif. *Scholaria: Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 9(2), 111-121. <https://doi.org/https://doi.org/10.24246/j.js.2019.v9.i2.p111-121>
- Wulandari, L. 2019. Upaya meningkatkan kemampuan kreativitas matematis melalui stem materi koordinat kelas VIIIA SMP Negeri 1 Magelang. *Jurnal Profesi Keguruan*, 5(1), 23-30.