

1. Pendahuluan

Peserta didik membutuhkan bekal yang memadai agar kompetitif hidup dalam suasana yang berubah dengan sangat cepat. Pendidik didesak agar bertambah kreatif dan inovatif sehingga hasil belajar peserta didik optimal dalam menjawab kebutuhan tersebut. Salah satu diantaranya adalah melalui pembelajaran yang membantu peserta didik memiliki keterampilan yang sangat diperlukan untuk dapat bersaing hidup pada abad ke-21. Era Revolusi Industri 4.0 identik dengan semakin pesatnya perkembangan di bidang teknologi. Kemajuan ini menyebabkan semakin banyak pekerjaan manusia dapat digantikan dengan robot. Peserta didik perlu dibekali dengan keterampilan yang tidak dimiliki robot yaitu keterampilan 4C (Critical Thinking, Creativity, Communication, Collaborative) (Partono dkk, 2021).

Pada tahun pelajaran sebelumnya peserta didik tidak mengalami hambatan yang berarti dalam mempelajari materi Matriks terutama pada KD 3.4 dan KD 4.4. Suasana kelas kurang bersemangat, kurang tertantang, menjadi gaduh, dan membuka gawai tetapi tidak memanfaatkan untuk pembelajaran. Melihat fakta ini maka pendidik ingin mengubah agar terjadi suasana baru berupa pembelajaran yang lebih menyenangkan, menantang, dan bermakna bagi peserta didik. Pembelajaran Matriks dikaitkan dengan keamanan pengiriman informasi melalui teknologi elektronik yang biasa dilakukan peserta didik sebagai proses diteruskan dari satu orang ke orang lain atau dari satu individu ke suatu organisasi.

Beberapa penelitian telah dilakukan dan hasil yang diperoleh pada penerapan model pembelajaran PjBL-STEM adalah peserta didik diharuskan berpikir kritis, analitis dan meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi. Dalam pelaksanaannya membutuhkan kolaborasi, komunikasi, kemampuan pemecahan masalah, dan mengharuskan peserta didik belajar mandiri (Capraro, 2013:2). Model ini menghasilkan peningkatan minat belajar. Pembelajaran lebih bermakna bagi peserta didik. Peserta didik dibantu memecahkan masalah yang ditemui dalam kehidupan dunia nyata serta menunjang karir masa depan (Tseng, 2011:87). Hasil penelitian Widana dan Septiari (2021) menyajikan adanya pengaruh model pembelajaran dengan pendekatan PjBL berbasis pendekatan STEM secara bersama-sama terhadap hasil belajar matematika. Selain itu juga menghasilkan adanya pengaruh terhadap kemampuan berpikir kreatif peserta didik. Kebaruan dalam penelitian ini adalah tentang

penggunaan model PjBL-STEM dalam pembelajaran matematika pada materi Matriks melalui kriptografi untuk meningkatkan keterampilan 4C belum dilakukan oleh peneliti lain.

Sejarah panjang tentang keberadaan kriptografi telah dimulai dari zaman Yunani kuno, Romawi, Perang Dunia II dan sampai sekarang telah sangat berkembang. Kriptografi menjadi salah satu jawaban untuk digunakan di kehidupan sehari-hari masyarakat untuk menjaga informasi sensitif. Kriptografi berperan besar dalam teknologi komunikasi elektronik seperti pengiriman email, pembuatan password, pengiriman uang, kartu ATM, tanda tangan elektronik, dan lain-lain.

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan sebelumnya maka rumusan masalah dalam penelitian tindakan kelas ini adalah: 1) Apakah model pembelajaran PjBL-STEM melalui penerapan Kriptografi pada Matriks dapat meningkatkan keterampilan 4C peserta didik kelas XI MIPA 5 SMA Negeri 8 Yogyakarta Tahun Pelajaran 2022/2023?

2) Bagaimanakah model pembelajaran PjBL-STEM melalui penerapan Kriptografi pada Matriks dapat meningkatkan keterampilan 4C peserta didik kelas kelas XI MIPA 5 SMA Negeri 8 Yogyakarta Tahun Pelajaran 2022/2023?

Tujuan penelitian tindakan kelas ini adalah untuk: 1) Meningkatkan keterampilan 4C peserta didik pada materi Matriks melalui Kriptografi menggunakan PjBL-STEM di kelas XI MIPA 5 SMA Negeri 8 Yogyakarta Tahun Pelajaran 2022/2023, 2) Menjelaskan proses penerapan model pembelajaran PjBL-STEM untuk meningkatkan keterampilan 4C peserta didik pada materi Matriks melalui Kriptografi di kelas XI MIPA 5 SMA Negeri 8 Yogyakarta Tahun Pelajaran 2022/2023.

Manfaat penelitian ini adalah memberikan kontribusi dalam mengembangkan penerapan, dan menjadi acuan penelitian model pembelajaran PjBL-STEM pada materi Matriks melalui Kriptografi dalam meningkatkan keterampilan 4C peserta didik. Manfaat bagi peserta didik adalah mendapat wawasan baru tentang pembelajaran Matematika terintegrasi dengan *Science*, *Technology*, dan *Engineering*, serta membantu peserta didik lebih bersemangat mengikuti pembelajaran Matematika pada materi Matriks. Sedangkan manfaat bagi sekolah adalah sebagai masukan untuk pengembangan melaksanakan pembelajaran dan menjadi salah satu bahan pertimbangan bagi sekolah untuk mengambil kebijakan dalam rangka perbaikan

dan peningkatan mutu pembelajaran Matematika.

Berpikir kritis dihubungkan dengan cara baru dalam melihat masalah atau keterampilan seseorang dalam mengkaitkan hasil pembelajaran lintas mata pelajaran maupun antar disiplin ilmu. Berpikir kritis berupa proses mental mengorganisasikan dan mengambil peran dalam proses pengambilan keputusan untuk memecahkan masalah (Rasiman, 2015). Kreativitas berupa keterampilan melakukan upaya pendekatan baru dalam menangani sesuatu hal baru maupun inovasi. Berpikir secara kreatif berarti cara mengamati suatu masalah atau situasi dari perspektif baru dengan solusi yang tidak biasa (Gafour & Gafour, 2020). Pengembangan kecerdasan kolektif melalui interaksi dengan orang lain dalam hal membantu, memberi saran, menerima pendapat berbeda, maupun bernegosiasi merupakan tujuan keterampilan kolaborasi (Brown, 2015). Greenstein (2012) berpendapat keterampilan kolaborasi digunakan untuk mencapai tujuan bersama melalui latihan bekerja bersama secara efektif, ada rasa hormat antar anggota tim yang majemuk, serta kemauan dalam membuat keputusan. Terdapat dua ciri keterampilan komunikasi. Ciri pertama mencakup pemahaman pada informasi yang diberikan. Sedangkan ciri kedua berupa kemampuan mengekspresikan secara efektif ide atau konsep. (Partnership for 21st Century Learning, 2015). Pendapat Zubaidah (2018) bahwa komunikasi mencakup keterampilan seseorang dalam menyampaikan dan berbagi tentang pemikiran, pertanyaan, gagasan, maupun cara terbaik dalam mendapatkan solusi.

Penelitian ini mengambil pasangan KD 3.4 Menganalisis sifat-sifat determinan dan invers matriks berordo 2×2 dan 3×3 dan KD 4.4 Menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan determinan dan invers matriks berordo 2×2 dan matriks berordo 3×3 .

Kriptografi didefinisikan sebagai seni juga pengetahuan tentang melindungi pesan, dengan cara mengonversi *plaintext* menjadi *ciphertext* (Nugraha, I & Aribowo, E, 2015). Kriptografi memuat dua proses dasar yaitu enkripsi dan dekripsi. Enkripsi merupakan proses mengolah *plaintext* (pesan yang dapat dibaca) menjadi *ciphertext* (pesan acak yang tidak dapat dibaca). Dekripsi merupakan kebalikan proses enkripsi yaitu proses mengolah *ciphertext* menjadi *plaintext*. Proses dekripsi menggunakan kunci yang sama dan algoritma pembalik. Matriks yang digunakan untuk *decoding* disebut *decryption*

matrix (decoding matrix). Peserta didik belajar mengkodekan pesan menggunakan perkalian matriks dan sebaliknya mendekode pesan berkode menggunakan invers matriks dan perkalian matriks.

Terdapat lima tahap dalam pelaksanaan pembelajaran menggunakan PjBL-STEM (Laboy-Rush, 2015). Proses yang spesifik menjadi tujuan pada setiap tahap. Tujuan pada *Reflection* peserta didik menghubungkan apa yang telah mereka diketahui dengan apa yang perlu dipelajari. Penelitian berbagai sumber menjadi penanda tahap *Research*. Selanjutnya peserta didik memasuki tahap penemuan atau *discovery*. Belajar menghubungkan antar bidang dalam STEM atau konteks yang lebih luas merupakan ciri *Application*. Tahap akhir dari model ini adalah *Communication* antar peserta didik di kelas atau pada skala yang lebih luas tentang produk atau solusi untuk permasalahan yang ada.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif berupa Penelitian Tindakan Kelas (PTK). Tempat pelaksanaan penelitian adalah SMA Negeri 8 Yogyakarta pada kelas XI MIPA 5 Tahun Pelajaran 2022/2023 yang terdiri atas 36 peserta didik. Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus sampai dengan November 2022 menggunakan model spiral Kemmis dan Taggart dalam dua siklus masing-masing siklus terdiri atas perencanaan, tindakan, pengamatan dan refleksi. Sintak pembelajaran mengikuti tahapan PjBL-STEM.

Dua sumber data dalam penelitian yaitu berasal dari aspek pengetahuan dan keterampilan peserta didik selama pembelajaran maupun dari tes hasil belajar. Data keterlaksanaan kegiatan pendidik maupun kegiatan peserta didik diperoleh selama berlangsungnya pembelajaran di kelas. Alat untuk memperoleh data berupa instrumen tes dan non tes. Tes digunakan untuk mengukur prestasi belajar peserta didik. Instrumen non tes digunakan sebagai alat dalam mengukur keterlaksanaan pembelajaran, capaian peserta didik dalam menuntaskan tugas yang tercantum dalam Lembar Kegiatan Peserta Didik (LKPD) kelompok maupun individu, proyek, pembuatan produk, presentasi produk, serta dokumentasi.

Dokumentasi foto maupun video proses pembelajaran digunakan untuk mendapatkan gambaran visual berbagai aktivitas pendidik dan peserta didik selama pembelajaran berlangsung. Dokumentasi foto akan dimanfaatkan menjadi lampiran pada laporan keterlaksanaan

pembelajaran yang didesain oleh peneliti. Dokumen ini juga merupakan salah satu bukti pelaksanaan penelitian.

Dua jenis teknik dalam menganalisis data yang dilakukan dalam PTK yaitu analisis data kuantitatif maupun kualitatif. Analisis secara kuantitatif dilakukan pada data-data berupa nilai yang dikumpulkan menggunakan instrumen pengumpulan data. Sedangkan data berasal dari proses pelaksanaan tindakan maupun hasil semua temuan di kelas saat pembelajaran berlangsung dilakukan secara kualitatif.

Data prestasi belajar peserta didik secara deskriptif merupakan gambaran capaian peserta didik secara individu maupun perolehan bersama teman sekelas dianalisis mengacu pada ketuntasan belajar yaitu minimal nilai 75 dan tuntas secara klasikal apabila minimal 75% peserta didik telah tuntas.

Analisis data keterampilan 4C yang digunakan adalah analisis deskriptif untuk menggambarkan keterampilan 4C individu peserta didik maupun secara kelompok. Data diperoleh dari pengamatan bersama kolaborasi menggunakan konversi dalam skala lima diadaptasi dari Arifin (2012: 292). Indikator keberhasilan penelitian pada capaian keterampilan 4C adalah rerata skor sangat tinggi.

Analisis hasil observasi keterlaksanaan pembelajaran dengan menghitung persentase keterlaksanaan. Untuk melihat keefektifan pelaksanaan pembelajaran ditunjukkan adanya peningkatan keterlaksanaan pembelajaran oleh pendidik maupun peserta didik. Indikator keberhasilan penelitian apabila persentase rerata keterlaksanaan baik oleh pendidik maupun peserta didik $\geq 95\%$.

Analisis penilaian laporan proyek yang digunakan adalah analisis deskriptif. Penentuan ukuran dalam penilaian tugas berbentuk laporan proyek memakai interval penilaian keterampilan yang digunakan di sekolah. Indikator keberhasilan penelitian pada laporan proyek adalah rerata capaian kelompok ≥ 83 atau minimal baik.

Analisis produk berupa program “Keamanan Informasi Sensitif” dilakukan atas capaian kerja kelompok. Penilaian dilaksanakan pada akhir siklus II. Indikator keberhasilan penelitian pada produk berupa program adalah rerata capaian kelompok ≥ 83 atau minimal baik.

Analisis produk poster dilakukan atas capaian kerja kelompok. Penilaian dilaksanakan pada akhir siklus II. Indikator keberhasilan penelitian pada produk poster adalah rerata capaian kelompok ≥ 83 atau minimal baik.

Unjuk kerja berupa presentasi tentang produk yang dihasilkan dari proyek hasil kerja kelompok. Analisis dilakukan dalam dua bagian yaitu capaian individu dan capaian kelompok yang diperoleh dari rerata capaian anggota kelompok. Indikator keberhasilan penelitian pada unjuk kerja berupa presentasi adalah rerata capaian kelompok ≥ 83 atau minimal baik.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil tahap *reflection* siklus I berupa kemampuan menghubungkan apa yang telah diperoleh dari pengetahuan sebelumnya dengan apa yang harus dipelajari dalam materi matriks sebagai prasyarat untuk siklus II. Sedangkan pada siklus II tahap ini menghasilkan kemampuan prasyarat mengirim maupun membaca pesan rahasia. Siklus I tahap *research* peserta didik menghasilkan referensi tentang determinan dan invers matriks dari berbagai sumber sedangkan siklus II berupa wawasan tentang sejarah kriptografi, proses enkripsi dan dekripsi. Hasil tahap *discovery* siklus I berupa sifat-sifat determinan dan cara menentukan invers matriks berupa aturan konversi dan matriks kunci pada siklus II. Tahap *Application* siklus I menggunakan konsep determinan dan invers matriks untuk menyelesaikan masalah matematika dan siklus II menghubungkan antar bidang dalam STEM untuk menyelesaikan masalah keamanan informasi. Tahap *communication* pada siklus I mengkomunikasikan hasil penyelesaian masalah determinan dan invers matriks sedangkan siklus II berupa pesan yang dikirim dan hasil pembacaan pesan dikirim, serta program keamanan informasi dikomunikasikan antar peserta didik di kelas maupun menggunakan poster yang ditempelkan pada papan majalah dinding.

Target penelitian dalam capaian keterampilan 4C adalah rerata capaian seluruh peserta didik sangat tinggi. Hasil capaian keterampilan 4C pada tiap pertemuan menggunakan pembelajaran PjBL-STEM tercantum dalam Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4.

Keterampilan berpikir kritis peserta didik meningkat sejalan dengan mulai terbiasanya mereka menggunakannya dalam memecahkan masalah. Terdapat penurunan capaian skor pada pertemuan ke-3 dan 4 Siklus II, karena menggunakan matriks kunci berordo 3 x 3. Hasil capaian dapat dicermati pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Rerata skor capaian peserta didik dalam berpikir kritis

Keterampilan	Aspek yang Diamati	Siklus I				Siklus II					
		1	2	3	4	1	2	3	4	5	
Berpikir Kritis	Membuat pernyataan matematis tentang pola atau hubungan	f	31	30	34	31	36	36	34	34	36
		%	86	86	97	100	100	100	94	94	100
	Menerapkan kriteria menganalisis proses, solusi atau pendapat	f	24	31	34	31	36	36	34	34	36
		%	67	89	97	100	100	100	94	94	100
	Menggunakan penalaran induktif untuk menggeneralisasi pola atau koneksi	f	26	32	35	31	36	36	34	35	36
		%	72	91	100	100	100	100	94	97	100
	Menggunakan penalaran deduktif untuk memeriksa atau membenarkan argumen matematika	f	28	30	31	31	36	36	34	35	36
		%	78	86	88	100	100	100	94	97	100
	Menyelidiki dampak asumsi pada proses matematika, solusi atau kesimpulan.	f	31	27	35	31	36	36	33	33	36
		%	86	77	100	100	100	100	92	92	100
Rerata Skor		30,8				35,2					
Kriteria		Sangat Tinggi				Sangat Tinggi					

Secara keseluruhan keterampilan kreativitas peserta didik meningkat pada setiap pertemuan. Terdapat persentase capaian yang sama pada

pertemuan ke-3 dan ke-4 siklus I untuk aspek kesatu, kedua, dan ketiga. Capaian dalam kreativitas dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rerata skor capaian peserta didik dalam kreativitas

Keterampilan	Aspek yang Diamati	Siklus I				Siklus II					
		1	2	3	4	1	2	3	4	5	
Kreativitas	Mengambil risiko dan berpikir secara fleksibel dengan konsep dan proses matematika yang berbeda	f	26	31	35	31	36	36	33	35	36
		%	72	89	100	100	100	100	92	97	100
	Membuat koneksi baru antara konsep matematika	f	27	28	35	31	36	36	34	35	36
		%	75	80	100	100	100	100	94	97	100
	Memodifikasi ide matematika agar sesuai dengan tujuan	f	31	30	35	31	36	36	34	34	36
		%	86	86	100	100	100	100	94	94	100
	Bertukar pikiran tentang cara untuk membuat atau mengubah objek atau situasi.	f	33	30	34	31	36	36	34	35	36
		%	92	86	97	100	100	100	94	97	100
	Mengeksplorasi ide atau hubungan dengan menciptakan model konkrit, gambar atau simbolis	f	33	32	34	31	36	36	35	34	36
		%	92	92	97	100	100	100	97	94	100
Rerata Skor		31,8				35					
Kriteria		Sangat Tinggi				Sangat Tinggi					

Keterampilan kolaborasi meningkat pada setiap pertemuan. Terdapat penurunan skor yang pada aspek kedua siklus I, karena tentang pembuktian. Masing-masing anggota kelompok

sibuk menyelesaikan masalah yang dihadapi sehingga kurang melaksanakan aspek tersebut. Capaian dalam kolaborasi tercantum dalam Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Rerata skor capaian peserta didik dalam kolaborasi

Keterampilan	Aspek yang Diamati	Siklus I				Siklus II					
		1	2	3	4	1	2	3	4	5	
Kolaborasi	Berbagi strategi, ide, dan representasi untuk mengkonfirmasi	f	32	31	34	31	36	36	33	35	36
		%	89	87	97	100	100	100	92	97	100
	Berbagi strategi, ide, dan representasi untuk memperluas pemahaman konsep matematika	f	29	27	34	31	36	36	35	35	36
		%	81	77	97	100	100	100	97	97	100
	Mempertimbangkan berbagai ide dan perspektif ketika berkontribusi pada diskusi matematika	f	31	33	33	31	36	36	35	34	36
		%	86	94	94	100	100	100	97	94	100
	Bertanggung jawab mengambil peran berkontribusi dalam menyelesaikan tugas matematika.	f	32	33	34	31	36	36	33	35	36
		%	89	94	97	100	100	100	92	97	100
	Menghormati pengalaman dan cara berpikir orang lain tentang konsep matematika.	f	35	35	35	31	36	36	33	34	36
		%	97	100	100	100	100	100	92	94	100
	Rerata Skor		32,3				35,3				
	Kriteria		Sangat Tinggi				Sangat Tinggi				

Keterampilan komunikasi meningkat pada setiap pertemuan. Terdapat penurunan skor hampir semua aspek pada pertemuan keempat siklus I materi yang dibahas adalah menggunakan sifat-sifat determinan dan invers

matriks persegi. Masing-masing anggota kelompok sibuk menyelesaikan masalah yang dihadapi sehingga kurang melaksanakan aspek ketiga sampai kelima.

Tabel 4. Rerata skor capaian peserta didik dalam komunikasi

Keterampilan	Aspek yang Diamati	Siklus I				Siklus II					
		1	2	3	4	1	2	3	4	5	
Komunikasi	Mendukung atau memberdayakan orang lain yang enggan berbagi pendapat.	f	33	32	35	31	36	36	35	35	36
		%	92	91	100	100	100	100	97	97	100
	Berkontribusi ide matematika menggunakan bahasa yang santun dan sesuai. dalam diskusi	f	32	34	35	30	36	36	34	33	36
		%	89	97	100	97	100	100	94	92	100
	Menggunakan bahasa termasuk simbol matematika untuk mengekspresikan ide atau pola	f	33	35	34	30	36	36	34	35	36
		%	92	100	97	97	100	100	94	97	100
	Memilih cara untuk menyampaikan ide atau pola matematika secara efektif.	f	32	31	34	30	36	36	32	35	36
		%	89	87	97	97	100	100	89	97	100
	Menghormati pengalaman atau pandangan orang lain ketika mengungkapkan pendapat atau ide.	f	32	35	34	30	36	36	33	35	36
		%	89	100	97	97	100	100	92	97	100
	Rerata Skor		32,8				35,3				
	Kriteria		Sangat Tinggi				Sangat Tinggi				

Siklus I dan siklus II menunjukkan rerata capaian skor keterampilan 4C secara keseluruhan berturut-turut adalah 31,88 dan 35,2 keduanya dalam kriteria sangat tinggi. Model PjBL-STEM mendorong peserta didik berpikir kritis, secara kreatif, dan analitis. Selain itu model ini juga dapat meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (Han, S. dkk, 2015). Pendapat tersebut menjawab pertanyaan tentang mengapa keempat keterampilan sangat penting untuk dilatihkan. Meskipun hasil siklus I telah menunjukkan capaian kriteria sangat tinggi penelitian tetap dilanjutkan karena makin baik penguasaan keterampilan 4C peserta didik makin kompetitif menghadapi tantangan abad ke-21. Melalui kegiatan praktik, PjBL-STEM membekali dengan pengetahuan untuk menyelesaikan masalah kontekstual. Peserta didik akan menggunakan pengalaman tersebut untuk menaikkan efektivitas, pembelajaran menjadi bermakna, dan akan menunjang karir peserta didik di masa yang akan datang (Tseng dkk, 2011).

Target penyelesaian LKPD oleh kelompok maupun individual adalah rerata nilai ≥ 83 atau minimal baik. Agar setiap anggota kelompok berkontribusi dalam kerja kelompok maka kegiatan lanjutan adalah LKPD individu berisi serangkaian pertanyaan yang lebih menggali penguasaan konsep. LKPD pada siklus I dan siklus II dapat diselesaikan sesuai dengan waktu yang telah ditetapkan oleh pendidik. Keefektifan proses menyelesaikan tugas dan peningkatan capaian peserta didik baik secara kelompok maupun individu telah melebihi target dapat dilihat dalam Tabel 5 sebagai berikut.

Tabel 5. Rerata capaian peserta didik dalam menyelesaikan LKPD

LKPD	Siklus I			Siklus II		
	SB	B	C	SB	B	C
Kelompok	6	2	1	9	0	0
%	66,7	22,2	11,1	100	0	0
Rerata	88,85			98,88		
Kriteria	Baik			Sangat Baik		
Individu	19	16	1	36	0	0
%	52,8	44,4	2,8	100	0	0
Rerata	96			99,03		
Kriteria	Sangat Baik			Sangat Baik		

Target dalam capaian Ulangan Harian adalah persentase peserta didik yang memperoleh skor mencapai $KKM \geq 75\%$ dengan rata-rata nilai ≥ 83 atau minimal baik. Hasil capaian peserta didik pada Ulangan Harian

menunjukkan peningkatan dari siklus I ke siklus II baik dari rerata, ketuntasan klasikal, maupun dalam distribusi sebaran peserta didik yang mencapai kriteria Sangat Baik maupun Baik.

Capaian dari peserta didik pada Ulangan Harian telah melebihi target. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Astuti dkk (2019) bahwa model PjBL terintegrasi STEM dapat menaikkan penguasaan konsep dan aktivitas belajar. Dalam pembelajaran matematika, menggunakan konsep STEM akan membuat peserta didik lebih sering menerapkan materi dalam kehidupan sehari-hari sehingga peserta didik akan memecahkan masalah matematika dalam kehidupan sehari-hari dengan berpikir ilmiah, menggunakan teknologi untuk memperoleh berbagai informasi, dan data pemrosesan dengan kemampuan teknik (N. Milaturrahmah dkk, 2017). Hasil capaian dapat dilihat dalam Tabel 6 berikut ini.

Tabel 6. Capaian peserta didik dalam ulangan harian

Ulangan Harian	Akhir Siklus I				Akhir Siklus II		
	SB	B	C	K	SB	B	C
Jumlah	7	11	15	3	12	16	8
%	19,4	30,6	41,7	8,3	33,3	44,5	22,2
Rerata Nilai	86,10				91,11		
Kriteria	Baik				Baik		
% tuntas	91,67				100		
Ketuntasan Kelas	Ya				Ya		

Untuk memudahkan dalam bekerja, peserta didik menggunakan berbagai teknologi yang mereka kuasai. Algoritma yang digunakan oleh peserta didik adalah algoritma simetris. Ciri pada algoritma simetris adalah menggunakan kunci yang sama pada proses enkripsi maupun dekripsi (Sinaga, 2021). Peserta didik dilatih menggunakan ordo matriks kunci yang makin besar karena keamanan kata sandi yang disampaikan kepada penerima pesan ditentukan dengan makin besar ordo pada kunci matriks (Erdriani, 2021). Peserta didik menyelesaikan proyek tentang "Sistem Keamanan Informasi" untuk menjawab pertanyaan yang terdapat pada setiap irisan bidang STEM. Bersama kelompok masing-masing mereka menyelesaikan masalah tersebut dengan berbagai cara. Pemecahan masalah "Keamanan Informasi Sensitif" melalui pembelajaran di kelas maupun yang dihasilkan oleh peserta didik tersebut dapat dilihat dalam Tabel 7 berikut ini.

Tabel 7. Pemecahan masalah dalam proyek “Keamanan Informasi Sensitif”

Bidang STEM	Masalah pada Irisan antar Bidang	Pemecahan Masalah melalui Pembelajaran di Kelas	Pemecahan Masalah oleh Peserta Didik
S dan T	Bagaimana teknologi membantu pengurangan resiko kebocoran informasi?	Menggunakan program Ms. Excell atau kalkulator dalam melakukan perkalian antara dua matriks dan menghitung nilai determinan.	Menggunakan program yang dikuasai peserta didik dalam melakukan perkalian antara dua matriks dan menghitung nilai determinan
T dan E	Bagaimana desain sistem keamanan informasi sensitif?	Memilih aturan konversi dan matriks kunci.	Mengajukan berbagai aturan konversi dan matriks kunci
E dan M	Matriks invers persegi ordo berapakah yang dapat membantu keamanan data?	Menentukan matriks kunci berordo 2 x 2 dan 3 x 3 yang memiliki nilai determinan 1.	Mengajukan berbagai alternatif matriks kunci berordo 2 x 2 maupun 3 x 3
M dan S	Bagaimana pengetahuan tentang matriks invers dapat membantu keamanan informasi sensitif?	Melakukan tahapan mengirim pesan (enkripsi) dan membaca pesan (dekripsi) dengan matriks kunci berordo 2 x 2 dan 3 x 3 yang memiliki nilai determinan 1.	Menerapkan keterampilan menggunakan perkalian dua matriks untuk mengirim pesan maupun membaca pesan rahasia, serta matriks invers dalam membaca pesan rahasia
S,T,E,M	Keamanan informasi sensitif	Menggunakan matriks dalam kriptografi dalam bentuk yang sederhana.	Menerapkan matriks dalam kriptografi dan mempublikasikan ide kreatif berupa program yang dihasilkan menggunakan poster

Target capaian peserta didik dalam membuat laporan proyek adalah rerata nilai ≥ 83 atau minimal baik. Rerata capaian pada laporan proyek adalah 87,65 telah mencapai kriteria Baik dicapai oleh 88,88% peserta didik, seperti pada Tabel 8 berikut ini.

Tabel 8. Capaian peserta didik dalam laporan proyek “Keamanan Informasi Sensitif”

Kelompok	Nilai	Kriteria
1	92,59	Sangat Baik
2	85,19	Baik
3	81,48	Cukup
4	85,19	Baik
5	88,59	Baik
6	88,59	Baik
7	88,89	Baik
8	85,19	Baik
9	92,58	Sangat Baik
Rerata	87,65	Baik

Sebelum mengembang suatu produk peserta didik akan melalui tahapan *Engineering Design Process* seperti yang dikemukakan oleh Capraro dkk (2013). Peserta didik menghasilkan berbagai alternatif produk inovatif sebagai solusi masalah “Keamanan Informasi Sensitif” bersama kelompok masing-masing. Hal ini sesuai dengan pernyataan Capraro (2013) bahwa model PjBL-STEM lebih menekankan pada proses desain proyek, peserta didik berkolaborasi dan membangun kerjasama untuk saling bertukar

keaktivitas dalam menghasilkan suatu produk yang inovatif. Target untuk produk yang dihasilkan peserta didik adalah rerata nilai ≥ 83 atau minimal baik. Dua produk dihasilkan dalam proyek peserta didik yaitu program dan poster. Hasilnya yang tercantum dalam Tabel 9.

Tabel 9. Capaian peserta didik dalam produk “Keamanan Informasi Sensitif”

Kelompok	Nilai Program	Kriteria	Nilai Poster	Kriteria
1	95	Sangat Baik	84	Baik
2	100	Sangat Baik	81	Cukup
3	92,5	Sangat Baik	93	Sangat Baik
4	82,5	Baik	95	Sangat Baik
5	87,5	Baik	80	Cukup
6	82,5	Baik	78	Cukup
7	80	Cukup	83	Baik
8	95	Sangat Baik	77	Cukup
9	82,5	Baik	87	Baik
Rerata	88,61	Baik	84,22	Baik

Dalam pembuatan poster semua kelompok memilih Canva. Untuk menghasilkan program “Keamanan Informasi Sensitif” peserta didik memanfaatkan aplikasi Ms Excel, Photomath, dan program Python. Sesuai dengan pendapat

Stohlmann (2012) bahwa beberapa manfaat dari pendekatan STEM antara lain peserta didik lebih baik dalam kemampuan memecahkan masalah, lebih inovatif, mandiri, berpikiran logis, serta meningkatkan literasi teknologi.

Rerata capaian peserta didik dalam pembuatan program maupun poster mencapai kriteria Baik. Hal ini sesuai dengan pendapat Lydiati (2019) bahwa menggunakan model pembelajaran PjBL-STEM melatih peserta didik untuk membentuk gagasan kreatif melalui penalaran, dan berpikir dalam melakukan asosiasi. Peserta didik mengungkap dari apa yang telah diketahui sebelumnya dan selanjutnya digunakan untuk menyelesaikan masalah.

Target rerata capaian peserta didik dalam unjuk kerja presentasi adalah nilai ≥ 83 atau minimal baik. Adapun hasil capaian disajikan dalam Tabel 10 berikut ini.

Tabel 10. Capaian peserta didik dalam unjuk kerja

Kelompok	Rerata Nilai Kelompok	Kriteria Capaian
1	92,36	Sangat Baik
2	92,36	Sangat Baik
3	91,67	Baik
4	92,36	Sangat Baik
5	91,67	Baik
6	89,58	Baik
7	89,58	Baik
8	89,58	Baik
9	89,58	Baik
Rerata	90,97	Baik

Rerata capaian kelompok adalah 90,97 dalam kriteria Baik. Dengan demikian rerata capaian seluruh kelompok telah mencapai target.

Target pelaksanaan pembelajaran baik oleh pendidik maupun peserta didik adalah rerata persentase pelaksanaan ≥ 95 . Pelaksanaan pembelajaran oleh pendidik maupun peserta didik telah mencapai target seperti yang tercantum dalam Tabel 11.

Tabel 11. Rerata persentase keterlaksanaan pembelajaran

Keterlaksanaan Pembelajaran	Rerata Siklus I	Rerata Siklus II
oleh Pendidik	96	100
oleh Peserta Didik	96	100

Terbentuk suasana belajar yang menyenangkan dan diikuti dengan antusias oleh seluruh peserta didik pada setiap pertemuan. Peserta didik tidak terpengaruh pada jam pelaksanaan pembelajaran yaitu jam ke-10 dan

ke-11 pada hari Senin. Semua tugas-tugas yang diberikan dapat mereka selesaikan dengan sangat baik.

4. Simpulan dan Saran

Hasil capaian kriteria keterampilan 4C peserta didik pada siklus I maupun siklus II sangat tinggi telah mencapai target. Penelitian ini juga menghasilkan data tercapainya target pada rerata capaian LKPD kelompok dan individu pada siklus I serta siklus II, rerata capaian Ulangan Harian maupun ketuntasan baik individu maupun klasikal. Target penelitian juga tercapai pada rerata persentase pelaksanaan proses pembelajaran, nilai produk program "Keamanan Informasi Sensitif" maupun poster.

Diskusi kelompok pada proses implementasi model pembelajaran PjBL-STEM untuk meningkatkan keterampilan 4C pada materi Matriks melalui Kriptografi dilaksanakan dengan bantuan LKPD membuat peserta didik antusias. Aktivitas pembelajaran Siklus I adalah KD 3.4 ditambah materi menentukan determinan matriks berordo 3×3 dengan cara Sarrus maupun matriks Minor dan Kofaktor kemudian menentukan adjoint suatu matriks berordo 3×3 , invers matriks berordo 3×3 , menganalisis sifat-sifat determinan dan invers matriks persegi. Langkah ini ini dilaksanakan untuk mengurangi kesulitan peserta didik mengikuti pembelajaran KD 4.4. pada siklus II. LKPD kelompok, individu, penentuan aturan konversi, dan matriks kunci oleh masing-masing peserta didik memberikan ruang yang maksimal dalam mengembangkan keterampilan 4C.

Penelitian berikutnya dapat dikembangkan dengan lebih mengeksplorasi Ms. Excel dalam membuat program "Keamanan Informasi Sensitif". Selain itu apabila peserta didik mempunyai minat pada bahasa pemrograman dapat dilakukan penggunaan Java, Matlab, atau bahasa yang lain. Melalui aplikasi Matriks pada Kriptografi diharapkan dapat memotivasi pendidik lain untuk melakukan penelitian tentang aplikasi Matriks pada bidang ekonomi, pengaturan lalu lintas, biologi, maupun teknik untuk meningkatkan keterampilan 4C.

Daftar Pustaka

- Arifin, Z. (2012). *Evaluasi Pembelajaran*. Jakarta: Dirjen Pendidikan Agama Islam,
- Astuti I. D., Toto & Yulisma, L. (2019). Model Project-Based Learning (PjBL) Terintegrasi STEM untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep dan Aktivitas Belajar Siswa. *Quagga: Jurnal Pendidikan dan Biologi*, 11(2), 93-98. DOI: 10.25134/quagga.v11i2.1915

- Brown, B. (2015). Twenty First Century Skills: A Bermuda College. Twenty First Century Skill, 58-64.
- Capraro, R.M., Capraro, M.M., Morgan, J.R. (2013). *STEM Project-Based Learning: An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach. (second ed)*. Rotterdam: Sense Publishers. DOI: 10.1007/978-94-6209-143-6
- Erdriani, D., & Devita, D. (2021). Aplikasi Matriks pada Ilmu Kriptografi dengan Menggunakan Matlab. *Jurnal KomtekInfo*, 8(2), 163–168.
<https://doi.org/10.35134/komtekinfo.v8i2.112>
- Greenstein, L. (2012). *Assessing 21st Century Skills: A Guide to Evaluating Mastery and Authentic Learning*. California: Corwin.
- Gafour, O.W.A & Gafour, W. (2020). *Creative Thinking skills*. A Review article. Tersedia di: <https://www.researchgate.net/publication/349003763>
- Han, S., Capraro, R., & Capraro, M. M. (2015). How Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Project-Based Learning (PBL) Affects High, Middle, and Low Achievers Differently: The Impact of Student Factors on Achievement. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(5), 1089-1113. DOI:10.1007/S10763-014-9526-0 Corpus ID: 145334443
- Laboy-Rush, D. (2015). *Integrated STEM Education Through Project-Based Learning-Students at The Center*. Tersedia di: <https://studentsatthecenterhub.org> Diakses 20 Juni 2021.
- Lydiati, I. (2019). Peningkatan Kreativitas Peserta Didik pada Materi Statistika Melalui Model Pembelajaran PjBL-STEM Kelas XII MIPA 6 SMA Negeri 7 Yogyakarta. *Ideguru: Jurnal Karya Ilmiah Guru*, 4(2), 51-60.
<https://doi.org/10.51169/ideguru.v4i2.94>
- N. Milaturrehman, M Mardiyana, and I Pramudya. (2017). Mathematics Learning Process with Science, Technology, Engineering, Mathematics (STEM) Approach in Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*, 895 (2017) 012030 DOI:10.1088/1742-6596/895/1/012030 Corpus ID: 64644890
- Nugraha, I., Aribowo, E. (2015). Pengembangan Alat Bantu Belajar Algoritma Kriptografi Product Cipher Termodifikasi Berbasis Web. *Jurnal Sarjana Teknik Informatika*, 3(3). ISSN 2809-3399. Tersedia di: <http://journal.uad.ac.id/index.php/JSTIF/article/view/3085>
- Partnership for 21st Century Learning. (2015). *P21 Framework for 21st Century Learning*. <http://www.p21.org/about-us/p21-framework>
- Partono, P., Wardhani, H., Setyowati, N., Tsalitsa, A., & Putri, S. (2021). Strategi Meningkatkan Kompetensi 4C (Critical Thinking, Creativity, Communication, & Collaborative). *Jurnal Penelitian Ilmu Pendidikan*, 14(1), 41-52. DOI:10.21831/jpipfip.v14i1.35810 Corpus ID: 235538046
- Rasiman. (2015). Leveling of Critical Thinking Abilities of Students of Mathematics Education in Mathematical Problem Solving. *IndoMS-Journal of Mathematics Education*, 6(1), 40-52. p-ISSN:2087-8885 e-ISSN: 2407-0610
- Sinaga, I.P. (2021). Implementasi Kriptografi Hybrid Algoritma Algamal dan Double Playfair Cipher dalam Pengamanan File JPEG berbasis desktop. *Journal of Informatics, Electrical, and Electronics Engineering*, 1(2), 67-74.
<https://journals.com/jieee>
- Stohlmann, M., Moore, T.J., & Roehrig, G.H. (2012). Considerations for Teaching Integrated STEM Education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 2(1), 28-34. DOI:10.5703/1288284314653 Corpus ID: 31613535
- Tseng, K.H, Chang. C.C, Lou S.J, & Chen W.P. (2011). Attitudes Towards Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) in a Project-Based Learning (PjBL) Environment. *International Journal Technology and Design Education*. 23, 87–102. DOI:10.1007/s10798-011-9160-x
- Widana, I.W., Septiari, K.L. (2021). Kemampuan Berpikir Kreatif dan Hasil Belajar Matematika Peserta Didik Menggunakan Model Pembelajaran Project-Based Learning Berbasis Pendekatan STEM. *Jurnal Elemen*, 7(1), 209–220. DOI: 10.29408/jel.v7i1.3031.
- Zubaidah, S. (2018). *Mengenal 4C: Learning and Inovation skills untuk Menghadapi Revolusi Industri 4.0*. Seminar 2nd Science Education National Conference di Universitas Trunojoyo Madura 13 Oktober. <https://www.researchgate.net/publication/332469989>