

Pedesaan Pengembangan Model Project-Based Learning Terintegrasi STEM untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa SMP

Development of Project Based Learning Model Integrated by STEM to Improve Mathematics Critical Thinking Ability of Junior High School Student

Nanang Priatna*, Silviana Ayu Lorenzia & Effie Efrida Muchlis
Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Jawa Barat, Indonesia
nanang_priatna@upi.edu*

Naskah diterima tanggal 22/11/2020, direvisi akhir tanggal 04/12/2020, disetujui tanggal 31/12/2020

Abstrak

Pengembangan model *project -based learning* terintegrasi STEM di Sekolah Menengah Pertama belum banyak dilakukan. Padahal, integrasi STEM dalam pendidikan menjadi hal yang perlu untuk segera dilakukan mengingat tingginya kebutuhan akan SDM yang menguasai bidang STEM pada abad ke 21. Kebanyakan materi matematika disampaikan secara abstrak, sehingga mengakibatkan siswa tidak terlatih dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis matematis. Model pembelajaran yang dikembangkan ini memberi ruang kepada siswa untuk mengembangkan gagasannya dan mengaitkan dengan konsep dasar yang dimilikinya untuk menghasilkan produk sebagai proses untuk memahami konsep. Guru dapat mengembangkan aktivitas pembelajaran menjadi bermakna dengan keterlibatan siswa secara langsung dalam *project*. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan suatu bahan ajar baru berbasis *project* yang menyajikan topik matematika dipadukan dengan bidang STEM lainnya. Berdasarkan data yang diperoleh secara kualitatif, rancangan bahan ajar seringkali mengalami perubahan susunan penyampaian bergantung pada keberagaman kemampuan siswa dan pengetahuan guru. Secara kuantitatif, model *project -based learning* terintegrasi STEM, dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis matematis siswa SMP.

Kata kunci: Kemampuan Berpikir Kritis Matematis; *Project Based Learning*; STEM.

Abstract

Development of project based learning model integrated by STEM in junior high school had not been done much. Even though, the integration of STEM in education was something that needed to be done immediately considering the highly needed for human resources who understand the STEM in the 21st century. Most of mathematics topics were delivered abstractly, resulting in students not being trained in developing mathematics critical thinking skills. This developed learning model provided space for students to develop their ideas and linked them with the their basic concepts to produce the new product as the process for understanding concepts. Teachers could developed learning activities to be meaningful by involving students directly in the project . The aim of this research was to develop the new teaching materials based on project that presented mathematics topics combining with other STEM field. Based on the data obtained qualitatively, the design of teaching materials had often changed the arrangement depend on the diversity of students' ability and teachers' knowledge. Quantitatively, project based learning model integrated by STEM, could improved students of junior high school mathematics critical thinking ability.

Keywords: Mathematics critical thinking ability, *Project Based Learning*, STEM.

I. PENDAHULUAN

Kurikulum 2013 menekankan pembelajaran pada proses pembelajaran dengan pendekatan saintifik, untuk mendorong kemampuan peserta didik untuk menghasilkan karya kontekstual, baik individual maupun kelompok maka sangat disarankan menggunakan pendekatan pembelajaran yang menghasilkan karya berbasis pemecahan masalah (*project based learning*). Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Proses Pembelajaran pada satuan pendidikan diselenggarakan secara interaktif, inspiratif, menyenangkan, menantang, memotivasi peserta didik untuk berpartisipasi aktif, serta memberikan ruang yang cukup bagi prakarsa, kreativitas, dan kemandirian sesuai dengan bakat, dan minat, sehingga melahirkan peserta didik yang memiliki kualitas secara sikap, pengetahuan dan keterampilan. Perkembangan teknologi dan informasi dewasa ini sangat pesat, termasuk penggunaan teknologi untuk kegiatan pendidikan. Guru memiliki tuntutan yang baik dalam penguasaan .teknologi untuk melaksanakan proses pembelajaran. Perkembangan teknologi juga berdampak pada pembelajaran matematika, guru dituntut mampu menggunakan teknologi secara inovatif dalam mengemas pelaksanaan pembelajaran.

Dalam pembelajaran matematika tidak semua topik pembelajaran dapat menggunakan teknologi, menjadi tantangan untuk mengemas pembelajaran matematika dengan berbasis *project* dan melibatkan STEM seperti yang diungkapkan oleh Priatna *et al.* (2020) pembelajaran berbasis *project* lebih umum digunakan pada pembelajaran sains dari pada pembelajaran matematika, sehingga menjadi tantangan untuk menggunakan pembelajaran berbasis *project* pada pada topik-topik matematika. Owens & Hite (2020) pembelajaran PjBL dengan STEM dan berkolaborasi melaksanakan pembelajaran secara virtual pada beberapa negara yang dapat meningkatkan kemampuan matematis yaitu kemampuan komunikasi matematis siswa. Penelitian yang dilakukan oleh Gulbahar & Tinmaz (2006) bahwa PjBL memberikan

kesempatan kepada siswa untuk mengimplementasikan pengetahuan yang dimilikinya secara bebas untuk mengembangkan kreativitas dengan menggunakan software dalam menyelesaikan permasalahan. Ubuz & Aydinyer (2019) pembelajaran dengan PjBL melalui kontekstual, visualisasi dan kolaborasi mampu mengakomodasi siswa dengan perbedaan kemampuan kognitif. Penelitian ini akan mengembangkan model pembelajaran PjBL terintegrasi STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Melalui penelitian ini akan dihasilkan bahan ajar yang mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa berdasarkan pembelajaran PjBL terintegrasi STEM.

Dunia pendidikan sangat dinamis, hal ini menyesuaikan dengan kebutuhan pendidikan yang bukan hanya mempersiapkan siswanya untuk mempunyai pengetahuan, namun juga mempersiapkan siswa untuk memiliki keterampilan yang akan digunakan dalam kehidupannya setelah lulus dari jenjang sekolah formal. Banyak tren dunia yang mempengaruhi pengambilan kebijakan pendidikan di Indonesia.

Salah satunya yang sedang gencar dibicarakan dalam dunia pendidikan adalah tren pembelajaran abad 21. Pembelajaran abad 21 ini menuntut para pelaksana pembelajaran mampu menghasilkan lulusan yang memiliki kompetensi-kompetensi abad 21. Bahkan secara eksplisit digambarkan di dalam kurikulum 2013, terdapat pergeseran paradigma pembelajaran abad 21 yang harus benar-benar dikuasai oleh guru guna mempersiapkan siswa yang dapat bersaing dalam kehidupan abad 21 ini.

Salah satu pergeseran paradigma belajar abad 21 adalah pembelajaran diarahkan untuk mendorong siswa mencari tahu dari berbagai sumber, bukan diberi tahu. Peran guru bukan lagi sebagai pusat pembelajaran. Pembelajaran diarahkan agar siswa aktif mencari pengalaman belajar dari sajian-sajian yang sudah disiapkan oleh guru. Sajian yang disiapkan oleh guru tidak lagi disampaikan hanya dalam bentuk verbal, sehingga siswa hanya mendengarkan dan menjadi pasif selama pembelajaran. Pengalaman belajar dengan cara mendengarkan menurut Dale

(1946) hanya memberikan 20% dari pengetahuan yang seharusnya diperoleh. Maka untuk meningkatkan pengetahuan siswa, rancangan pembelajaran yang diberikan harus mengubah peranan siswa dalam pembelajaran. Peran siswa yang pasif harus diarahkan menjadi aktif melalui serangkaian rancangan pembelajaran yang dipersiapkan oleh guru.

Menurut George Lucas Educational Foundation (2005) *project -based learning* (PjBL) adalah pendekatan pembelajaran yang dinamis dimana siswa secara aktif mengeksplorasi masalah di dunia nyata, memberikan tantangan, dan memperoleh pengetahuan yang lebih mendalam. Karakteristik utama dari pembelajaran berbasis proyek ini adalah mengarahkan siswa dan melibatkan siswa dalam menemukan konsep dari suatu disiplin ilmu melalui suatu investigasi yang konstruktif (Gulbahar & Tinmaz, 2006). Karakteristik ini sangat sesuai dengan paradigma pembelajaran abad 21.

Saat ini penelitian dalam PjBL menunjukkan bahwa proyek dapat meningkatkan minat siswa dalam *science, technology, engineering, and mathematics* (STEM) karena dengan STEM melibatkan siswa dalam pemecahan masalah secara otentik, kerjasama antar siswa, serta membangun kemampuan untuk menciptakan solusi nyata (Fortus *et al.*, 2005).

STEM juga termasuk salah satu isu yang penting pada kehidupan abad 21 ini. Menurut Cooney & Bottoms (2003) Pendidikan yang tidak memadai dalam matematika dan sains telah menyebabkan kekurangan tenaga kerja berkualitas mengakibatkan kesenjangan di bidang industri global. STEM muncul sebagai tema gerakan reformasi pendidikan untuk menumbuhkan tenaga kerja yang ahli di bidang-bidang STEM.

Pembelajaran berbasis proyek bukan lagi hal yang baru bagi pelaksana pembelajaran di Indonesia pada umumnya. PjBL termasuk ke dalam salah satu model yang disarankan dalam kurikulum 2013 untuk digunakan selama proses pembelajaran. Model pembelajaran harus melibatkan pengalaman siswa, sehingga siswa dilatih untuk berpikir kritis dan

mampu mengemukakan gagasan melalui aktivitas berbasis *project*, seperti yang diungkapkan oleh Priatna *et al.* (2020) pembelajaran berbasis proyek dinilai mampu meningkatkan kemampuan memecahkan masalah matematika, meningkatkan kemampuan berpikir siswa, dan minat siswa. Bukan hanya PjBL, integrasi STEM dalam pembelajaran di sekolah-sekolah Indonesia belum gencar dilakukan. Kebanyakan baru sampai tahap penelitian dan belum didesiminasikan secara luas mengenai pembelajaran STEM ini. Gambaran hasil Ujian Nasional keempat materi yang diujikan tahun 2015/2016 sampai 2017/2018 cukup rendah secara merata, baik dilihat dari materi ujinya, yaitu materi bilangan, aljabar, geometri dan pengukuran, serta statistika dan peluang (Sumaryanta *et al.*, 2019).

Gambaran ini menunjukkan pegajaran matematika membutuhkan terobosan baru untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis matematis siswa dengan memberikan pengalaman belajar yang bermakna. *Project* yang pilih harus dapat meningkatkan kerjasama dalam kelompok dan siswa mampu mengeksplor ide melalui jurnal untuk membentuk ide baru yang lebih mendalam (Evans, 2017).

Integrasi STEM dalam pendidikan menjadi hal yang perlu untuk segera dilakukan mengingat tingginya kebutuhan akan sumber daya manusia (SDM) yang menguasai STEM pada abad 21. Berdasarkan kebutuhan dan tantangan baru akan suatu pembelajaran berbasis proyek yang diintegrasikan dengan STEM, maka sajian bahan ajar pun harus dikembangkan sesuai dengan kebutuhan tersebut.

Bahan ajar adalah segala bentuk bahan yang digunakan untuk membantu guru dalam melaksanakan kegiatan belajar mengajar di kelas (Goudas *et al.*, 2006). Penggunaan bahan ajar ini dimaksudkan agar siswa dapat berperan aktif dalam mengumpulkan informasi sesuai dengan sajian yang terdapat pada bahan ajar.

Bahan ajar yang umum digunakan adalah dengan menggunakan buku teks pelajaran. Namun, pada kasus ini bahan ajar yang dimaksud adalah bahan ajar matematika menggunakan model PjBL dan terintegrasi

STEM. Bahan ajar ini tergolong baru apalagi dalam pelajaran matematika dan kemungkinan untuk ditemukan dalam buku teks biasa sangat jarang. Sehingga dibutuhkan kajian mengenai pengembangan bahan ajar yang sesuai dengan pembelajaran berbasis proyek dan dapat mengakomodasi pembelajaran STEM.

Kemudian setelah bahan ajar yang baru disusun, hal yang penting adalah melakukan validasi. Validasi dilakukan agar dapat menghasilkan bahan ajar yang valid. Setelah diperoleh bahan ajar yang valid, langkah selanjutnya yaitu melakukan kegiatan eksperimen dalam pembelajaran di kelas untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

II. METODE PENELITIAN

Bahan ajar dikembangkan mengikuti tahapan pengembangan pada model penelitian *Research and Development*. Menurut Gall *et al.* (1996) prosedur penelitian dan pengembangan pada dasarnya terdiri dari dua tujuan utama, yaitu mengembangkan produk dan menguji keefektifan produk.

Gall *et al.* (1996) mengajukan 10 langkah umum yang harus ditempuh dalam pendekatan R&D, yaitu: (1) *Research and Information Collecting*; (2) *Planning*; (3) *Develop Preliminary Form of Product*; (4) *Preliminary Field Testing*; (5) *Main Product Revision*; (6) *Main Field Testing*; (7) *Operational Product Revision*; (8) *Operational Field Testing*; (9) *Final Product Revision*; dan (10) *Dissemination and Implementation*.

Pada langkah *preliminary field testing* dilakukan validasi bahan ajar dan uji coba lingkup kecil. Validasi bahan ajar adalah proses untuk menentukan nilai validitas bahan ajar tersebut. Validitas bahan ajar dilihat dari tiga aspek yaitu validitas muka, validitas konstruk dan validitas isi oleh ahli uji materi, ahli media dan uji coba lingkup kecil pada 36 subjek siswa salah satu SMP Negeri Kota Bandung kelas IX-A untuk mengetahui validitas butir soal evaluasi bahan ajar. Data yang dikumpulkan selama penelitian adalah lembar penilaian bahan

ajar termasuk di dalamnya adalah penilaian validitas isi, validitas muka, dan validitas konstruk, juga lembar kesimpulan kelayakkan bahan ajar. Pengolahan data mengenai validitas isi, validitas muka dan validitas konstruk dilakukan dengan Uji Q-Cohran menggunakan *software IBM SPSS Statistic 21*. Selain itu, penentuan validitas butir soal pada bagian evaluasi bahan ajar menggunakan *software AnatesV4*.

Kriteria pengujian Uji Q-Cohran adalah H_0 diterima jika nilai Q-Cochran (x) lebih kecil dari nilai χ^2 pada tabel *chi square* dengan $\alpha = 0,05$. Penentuan validitas butir soal dilakukan dengan cara menghitung koefisien validitas (r_{xy}). Berikut ini adalah interpretasi nilai koefisien korelasi terhadap tingkat validitas menurut Guilford (Guilford, 1983).

Tabel 1. Kriteria Validasi

$0,90 \leq r_{xy} < 1,00$	Validitas Sangat Tinggi
$0,70 \leq r_{xy} < 0,90$	Validitas Tinggi
$0,40 \leq r_{xy} < 0,70$	Validitas Sedang
$0,20 \leq r_{xy} < 0,40$	Validitas Rendah
$0,00 \leq r_{xy} < 0,20$	Validitas Sangat Rendah
$r_x < 0,00$	Tidak Valid

Desain penelitian tahap akhir yaitu *pretest-posttest control group design* dengan model *quasi experiment*. Bentuk design penelitian tersebut digambarkan melalui diagram berikut.

Kelas Eksperimen 1 (E ₁):	0	X ₁	0
.....			
Kelas Eksperimen 1 (E ₂):	0	X ₂	0
.....			
Kelas Kontrol (C)	:	0	0

Keterangan:

0 = Pretest atau Posttest

X₁ = Pembelajaran Menggunakan Model PjBL terintegrasi STEM

X₂ = Pembelajaran Menggunakan Model PjBL

C = Pembelajaran Konvensional

Kelas Eksperimen 1 pembelajaran dengan PjBL, kelas Ekperimen 2 yaitu penerapan pembelajaran menggunakan pengembangan bahan ajar menggunakan

PjBl-STEM dan kelas Kontrol pembelajaran dengan konvensional. Ketiga kelas sama-sama dilakukan pretest untuk melihat kemampuan awal siswa. Kemudian kelas Ekperimen 1 dilakukan perlakuan pembelajaran dengan PjBl, kelas ekperimen 2 dilakukan perlakuan pembelajaran dengan menggunakan bahan ajar PjBl-STEM dan kelas Eksperimen 3 dilakukan perlakuan pembelajaran dengan cara konvensional. Setelah masing-masing kelas dilakukan perlakuan maka dilaksanakan post-test untuk mengetahui efek dari penggunaan bahan ajar dengan PjBl terintegrasi STEM yang dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

A. Validasi Bahan Ajar

Validitas muka suatu bahan ajar berkaitan dengan struktur kebahasaan dari bahan ajar yang telah disusun. Tabel 2 menunjukkan data hasil pertimbangan validitas muka bahan ajar PjBl terintegrasi STEM oleh dua ahli, yaitu ahli uji materi dan ahli media.

Tabel 2. Data hasil pertimbangan validitas muka bahan ajar PjBl terintegrasi STEM

Kegiatan	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ahli Uji Materi	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Ahli Media	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Revisi kebahasaan	R		R	R					

Keterangan: 0 = tidak valid, 1 = valid

Kemudian hasil pertimbangan validitas muka oleh dua orang validator dianalisis dengan menggunakan statistik Q-Cochran. Hipotesis uji dirumuskan sebagai berikut.

H_0 : semua ahli/validator memberikan keseragaman jawaban

H_1 : tidak semua ahli/validator memberikan keseragaman jawaban

Tabel 3. Hasil uji Q-Cochran

N	Cochran's Q	Df	Asymp.Sig.
9	1,000	1	0,317

Pada tabel 3 menunjukkan data hasil uji Q-Cochran data hasil pertimbangan validitas muka bahan ajar PjBl terintegrasi STEM oleh dua ahli, yaitu ahli uji materi dan ahli media menggunakan SPSS 21. Diperoleh nilai Q-Cochran (x) sebesar 1,00 lebih kecil dari nilai $\chi^2=3,84$ ($1,00 < 3,84$) pada tabel *chi square* dengan $\alpha = 0,05$ dan $df = 1$, maka H_0 diterima. Dengan kata lain semua ahli memberikan keseragaman jawaban. Berdasarkan validitas muka, maka bahan ajar PjBl terintegrasi STEM yang dikembangkan telah valid.

Validitas isi suatu bahan ajar berkaitan dengan kelinieran materi dalam setiap kegiatan dengan indikator pencapaian kompetensi (IPK) dari bahan ajar yang telah disusun. Tabel 4 menunjukkan data hasil pertimbangan validitas isi bahan ajar PjBl terintegrasi STEM oleh dua ahli, yaitu ahli uji materi dan ahli media.

Tabel 4. Data hasil pertimbangan validitas isi bahan ajar PjBl terintegrasi STEM

Kegiatan	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ahli Uji Materi	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Ahli Media	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Revisi Materi	R					R			

Keterangan: 0 = tidak valid, 1 = valid

Kemudian hasil pertimbangan validitas isi oleh dua orang validator dianalisis dengan menggunakan statistik Q-Cochran. Hipotesis uji dirumuskan sebagai berikut.

H_0 : semua ahli/validator memberikan keseragaman jawaban

H_1 : tidak semua ahli/validator memberikan keseragaman jawaban

Tabel 5. Hasil uji Q-Cochran

N	Cochran's Q	Df	Asymp.Sig.
9	1.000	1	.317

Selanjutnya pada tabel 5 menunjukkan data hasil uji Q-Cochran data hasil pertimbangan validitas isi bahan ajar PjBl terintegrasi STEM oleh dua ahli, yaitu ahli uji materi dan ahli media menggunakan SPSS 21. Diperoleh nilai Q-Cochran (x) sebesar 1,00 lebih kecil dari nilai $\chi^2=3,84$ ($1,00 < 3,84$)

pada tabel *chi square* dengan $\alpha = 0,05$ dan $df = 1$, maka H_0 diterima. Dengan kata lain semua ahli memberikan keseragaman jawaban. Berdasarkan validitas isi, maka bahan ajar PjBL terintegrasi STEM yang dikembangkan telah valid.

Validitas konstruk berhubungan dengan validitas butir-butir soal yang membangun tes tersebut dapat mengukur setiap aspek berpikir. Validitas konstruksi berhubungan dengan evaluasi motivasi dan minat terhadap pembelajaran PjBL terintegrasi STEM. Dari data hasil penilaian respon siswa terhadap pembelajaran yang menggunakan bahan ajar PjBL terintegrasi STEM diperoleh persentase untuk motivasi sebesar 0,92 dan persentase untuk minat sebesar 0,61. Interpretasi untuk motivasi termasuk ke dalam kategori validitas sangat baik dan untuk minat termasuk kedalam kategori validitas baik.

Uji validitas yang terakhir dilakukan adalah uji validitas tiap butir soal evaluasi pada pertemuan kesatu (P-1) dan soal evaluasi pada pertemuan kedua (P-2). Sama seperti data yang diolah untuk menentukan validitas konstruk, data yang digunakan adalah data yang diperoleh selama pelaksanaan uji lingkup kecil pada 36 siswa salah satu SMP Negeri di Kota Bandung.

Tabel 6 menunjukkan hasil rekapitulasi nilai koefisien korelasi tiap butir soal evaluasi pada pertemuan kesatu (P-1)

Tabel 6. Rekapitulasi nilai koefisien korelasi tiap butir soal evaluasi P-1

No Butir Soal	Korelasi	Standar Signifikansi	Keteranga
1	0,727	0,5	Sangat Signifikan
2	0,727		Sangat Signifikan
3	0,727		Sangat Signifikan
4	0,757		Sangat Signifikan
5	0,806		Sangat Signifikan

Pada tabel 6 diatas menunjukkan nilai koefisien korelasi tiap butir soal evaluasi P-1. Hasil analisis koefiesien korelasi, menghasilkan kategori validitas yang tinggi untuk setiap soalnya. Hal ini berdasarkan nilai Jurnal Penelitian Pendidikan

koefisien korelasi tiap butir soal berada pada rentang 0,727 hingga 0,806 yang termasuk kategori validitas tinggi. Adapun hasil pertemuan kedua terdapat pada tabel 7. Tabel 7 menunjukkan hasil rekapitulasi nilai koefisien korelasi tiap butir soal evaluasi pada pertemuan kedua (P-2)

Tabel 7. Rekapitulasi nilai koefisien korelasi tiap butir soal evaluasi P-2

No Butir Soal	Korelasi	Standar Signifikansi	Keterangan
1	0,223	0,5	-
2	0,622		Signifikan
3	0,732		Sangat Signifikan
4	0,891		Sangat Signifikan

Tabel 7 menunjukkan nilai koefisien korelasi tiap butir soal evaluasi P-2. Hasil analisis koefisien korelasi menunjukkan perbedaan tiap butir soalnya. Analisis soal no 1 termasuk dalam kategori rendah. Hal ini dapat terjadi karena semua siswa berhasil menjawab soal no 1 dengan benar namun terdapat perbedaan hasil akhir untuk seluruh siswa. Maka soal no 1 harus di revisi. Adapun soal no 2 termasuk ke dalam kategori validitas sedang dan no 3 dan 4 termasuk dalam soal yang memiliki kategori tinggi.

B. Analisis Data Pretest Kemampuan Berpikir Kritis

Data pretes diperoleh dari hasil pretes yang telah diberikan sebelum pembelajaran. Rangkuman hasil analisis deskriptif data hasil pretes kemampuan berpikir kritis pada kelas eksperimen dan kelas kontrol disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Statistik Deskriptif Data Skor Pretes Kemampuan Berpikir Kritis

Ukuran Statistik	PjBL-STEM	PjBL	Konvensional
Maksimum	33	35	32
Minimum	2	5	0
Rata-rata	17,67	17,97	17,64
Simpangan Baku	7,53	6,91	7,04

C. Uji Normalitas Data Pretes Kemampuan Berpikir Kritis

Teknik yang dilakukan untuk uji normalitas ini adalah dengan cara uji *Shapiro-Wilk* dengan taraf signifikansi 0,05 dan hipotesis

statistik sebagai berikut:

H_0 : sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal

H_1 : sampel berasal dari populasi yang berdistribusi tidak normal

Kriteria pengambilan keputusan uji normalitas yaitu jika nilai Sig. $< \alpha = 0,05$ maka H_0 ditolak. Sebaliknya, jika nilai Sig. $\alpha = 0,05$ maka H_0 diterima. Uji normalitas dihitung dengan menggunakan program *SPSS 18 for windows*. Perhitungan uji normalitas disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Data Hasil Uji Normalitas Pretes Kemampuan Berpikir Kritis

Kelas	Shapiro-Wilk		Standar Sig
	dk	Sig.	
PjBL_STEM	36	0,797	0,05
PjBL	36	0,840	
Convensional	36	0,978	

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 9 nilai signifikansi kelas PjBL_STEM adalah $0,797 > 0,05$; kelas PjBL adalah $0,840 > 0,05$ dan kelas Konvensional adalah $0,978 > 0,05$. Dengan demikian H_0 diterima dan dapat disimpulkan bahwa sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal.

D. Uji Homogenitas Data Pretes Kemampuan Berpikir Kritis

Menguji homogenitas kedua varians nilai posttest antara kelas kontrol dan kelas eksperimen dengan menggunakan *Levene's Test for Equality Variances* dengan taraf signifikansi 0,05. Hasil perhitungannya disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Data Hasil Uji Homogenitas Pretes Kemampuan Berpikir Kritis

Levene Statistic	dk1	dk2	Sig.	Standar sig
0,381	2	105	0,684	0,05

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 10 diperoleh nilai signifikansi adalah $0,684 > 0,05$ dan dapat disimpulkan bahwa ketiga varians dari skor pretest kelas eksperimen 1, eksperimen 2 dan kelas kontrol tersebut homogen.

E. Uji Beda Rata-rata Data Pretes Kemampuan Berpikir Kritis

Menguji beda rata-rata dari kelas eksperimen 1, eksperimen 2 dan kelas kontrol melalui uji ANOVA satu jalur dengan taraf signifikansi 0,05 dengan hipotesis statistik sebagai berikut:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$$H_1: \mu_i \neq \mu_j, i \neq j \text{ dengan } i, j = 1, 2, 3.$$

Keterangan:

H_0 : Tidak terdapat perbedaan rata-rata skor pretes kemampuan berpikir kritis antara siswa yang memperoleh model pembelajaran PjBL terintegrasi STEM, siswa yang memperoleh model pembelajaran PjBL dan siswa yang memperoleh pembelajaran konvensional.

H_1 : Terdapat perbedaan rata-rata skor pretes kemampuan berpikir kritis antara siswa yang memperoleh model pembelajaran PjBL terintegrasi STEM, siswa yang memperoleh model pembelajaran PjBL dan siswa yang memperoleh pembelajaran konvensional.

Kriteria pengambilan keputusan yang digunakan yaitu H_0 ditolak jika $\frac{1}{2}$ Sig. $< \alpha = 0,05$ dan sebaliknya H_0 diterima. Perhitungan uji beda rata-rata disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Data Hasil Uji Beda Rata-rata Pretes Kemampuan Berpikir Kritis

ANOVA Pretest kemampuan berpikir kritis

	Jumlah Kuadrat	dk	Kuadrat		
			Rata-rata	F	Sig.
Antar Kelompok	2,463	2	1,231	0,02	0,97
Dalam kelompok	5391,27	10	51,34	4	6
Total	5393,74	10			
	1	7			

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 11 di atas, diperoleh bahwa nilai signifikansi = $0,976 > 0,05$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan rata-rata skor pretes kemampuan berpikir kritis antara siswa yang memperoleh model pembelajaran PjBL terintegrasi STEM, siswa yang memperoleh model pembelajaran PjBL dan siswa yang memperoleh pembelajaran

konvensional.

F. Analisis Data N-gain Kemampuan Berpikir Kritis

Analisis data N-gain dilakukan untuk melihat kategori peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa ketiga kelas setelah dilakukan pembelajaran matematika dengan perlakuan yang berbeda. Hasil analisis deskriptif data N-gain kemampuan berpikir kritis disajikan pada tabel 12.

Tabel 12. Statistik Deskriptif Data N-gain Kemampuan Berpikir Kritis

Kelas (Perlakuan)	Nilai Maksimum	Nilai Minimum	Rata-rata	Simpanan Baku
Eksperimen 1 (PjBL-STEM)	0,79	0,62	0,70	0,03
Eksperimen 2 (PjBL)	0,75	0,64	0,63	0,06
Kontrol (Konvensional)	0,63	0,56	0,58	0,01

G. Uji Normalitas Data N-gain Kemampuan Berpikir Kritis

Teknik yang dilakukan untuk uji normalitas ini adalah dengan cara uji *Shapiro-Wilk* dengan taraf signifikansi 0,05 dan hipotesis statistik sebagai berikut:

H₀: sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal

H₁: sampel berasal dari populasi yang berdistribusi tidak normal

Kriteria pengambilan keputusan uji normalitas yaitu jika nilai Sig. < α = 0,05 maka H₀ ditolak. Sebaliknya, jika nilai Sig. α = 0,05 maka H₀ diterima. Uji normalitas dihitung dengan menggunakan program *SPSS 18 for windows*. Perhitungan uji normalitas disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. Data Hasil Uji Normalitas Skor N-gain Kemampuan Berpikir Kritis

Kelas	Shapiro-Wilk		
	dk	Sig.	Standar sig
PjBL-STEM	36	0,109	0,05
PjBL	36	0,040	
konvensional	36	0,010	

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 13 nilai signifikansi kelas PjBL_STEM adalah 0,109 > 0,05; kelas PjBL adalah 0,040 < 0,05 dan kelas Konvensional adalah 0,010 < 0,05. Dengan demikian H₀ ditolak dan dapat disimpulkan bahwa sampel berasal dari populasi yang berdistribusi tidak normal.

H. Uji Beda Rata-rata Skor N-gain Kemampuan Berpikir Kritis

Menguji beda rata-rata dari kelas eksperimen 1, eksperimen 2 dan kelas kontrol melalui uji *Kruskal-Wallis* dengan taraf signifikansi 0,05 karena data berasal dari populasi yang berdistribusi tidak normal. Adapun hipotesis statistik sebagai berikut:

H₀: μ₁ = μ₂ = μ₃

H₁: μ_i ≠ μ_j, i ≠ j dengan i, j = 1, 2, 3.

Keterangan:

H₀: Tidak terdapat perbedaan kemampuan berpikir kritis antara siswa yang memperoleh model pembelajaran PjBL terintegrasi STEM, siswa yang memperoleh model pembelajaran PjBL dan siswa yang memperoleh pembelajaran konvensional.

H₁: Terdapat perbedaan kemampuan berpikir kritis antara siswa yang memperoleh model pembelajaran PjBL terintegrasi STEM, siswa yang memperoleh model pembelajaran PjBL dan siswa yang memperoleh pembelajaran konvensional.

Kriteria pengambilan keputusan yang digunakan yaitu H₀ ditolak jika $\frac{1}{2}$ Sig. < α = 0,05 dan sebaliknya H₀ diterima. Perhitungan uji beda rata-rata disajikan pada Tabel 14.

Tabel 14. Data Hasil Uji Beda Rata-rata Skor N-gain Kemampuan Berpikir Kritis

Test Statistics ^{a,b}	
	Ngain_critical
Chi-square	56.077
dk	2
Asymp. Sig.	.000

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 14 di atas, diperoleh bahwa nilai signifikansi = 0,000 > 0,05 maka H₀ ditolak dan H₁ diterima, sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat

perbedaan yang signifikan dalam kemampuan berpikir kritis antara siswa yang memperoleh model pembelajaran PjBL terintegrasi STEM, siswa yang memperoleh model pembelajaran PjBL dan siswa yang memperoleh pembelajaran konvensional.

3.2. Pembahasan

A. Pengembangan Bahan Ajar Awal

Dilaksanakan dalam beberapa langkah. Tabel 15 menunjukkan data proses pengembangan bahan ajar STEM dengan model PjBL. Analisis data dilakukan peneliti dimulai saat awal penelitian. Hasil yang disajikan merupakan reduksi dari keseluruhan data yang diperoleh peneliti selama melakukan penelitian pengembangan di lapangan.

Table 15. Pengembangan bahan ajar PjBL terintegrasi STEM.

Proses	Isi	Deskripsi
Pengumpulan data dan informasi	Observasi pembelajaran STEM	Kondisional, kerjasama FPMIPA dan Sekolah dalam pembelajaran STEM
Perencanaan	<ul style="list-style-type: none"> a. Mengumpulkan draf bahan ajar topik yang sama b. Analisis sintak pembelajaran c. Rancangan situasi belajar d. Menentukan bidang-bidang STEM yang diintegrasikan pada tiap-tiap kegiatan 	Optional Sintak PjBL jurnal, PjBL K-13, sintak pembelajaran STEM Jumlah pertemuan, waktu pelaksanaan, banyaknya kegiatan, individu/berkelompok Optional Pilihan bidang STEM yang akan dijadikan sebagai bidang major yang ditonjolkan selama pembelajaran
Pembuatan produk	<ul style="list-style-type: none"> a. Merumuskan tujuan pembelajaran dan batasan materi tiap kegiatan b. Membuat peta konsep matematika c. Mulai dari situasi nyata dan kontekstual (Sains) d. Berikan pertanyaan dasar yang relevan dengan hasil pengamatan e. Latih keterampilan siswa menggunakan alat-alat sederhana atau produk teknologi f. Berikan permasalahan yang diselesaikan dengan rancangan produk siswa g. Berikan pertanyaan mengenai konsep matematika yang didapat dari produk h. Gali informasi mengenai pemahaman siswa dalam memilih informasi 	Stimulus siswa untuk mengamati fenomena alam Terampil menggunakan peralatan sederhana misal penggaris, jangka (Engineering). Software (e.g geogebra) dan hardware (Technology) Siswa dibiarkan memilih produk yang akan dibuat (Engineering). Siswa menggunakan software (e.g geogebra) untuk membuktikan konsep matematika Minta siswa untuk mengkomunikasikan langkah kerja dan hasil rancangan
Uji coba lingkup kecil	<ul style="list-style-type: none"> a. Analisis kemampuan awal siswa b. Analisis daya pendukung kegiatan belajar siswa c. Rancangan situasi yang berbeda setiap pertemuan 	Infrastruktur dan media Pilihan materi, kedalaman materi, banyak kegiatan, durasi pembelajaran, rekayasa pembelajaran individu/berkelompok
Evaluasi dan revisi	<ul style="list-style-type: none"> a. Observasi minat dan antusiasme siswa selama pembelajaran b. Wawancara kesan setelah pembelajaran c. Analisis portofolio siswa d. Kesan peneliti selama penelitian e. Revisi bahan ajar 	Untuk mencari rancangan situasi yang lebih baik untuk digunakan

B. Evaluasi Pengembangan Bahan Ajar

Kegiatan siswa yang juga dianalisis adalah ketika siswa diminta untuk memilih bidang STEM yang mendampingi bidang matematika. Banyaknya sebaran kelompok yang berbeda membuat guru yang kurang bisa mengkondisikan kelas akan kewalahan ketika banyak pertanyaan dari siswa mengenai ketidakjelasan petunjuk dalam bahan ajar.

Salah satu sarannya adalah memperbaiki bahan ajar yang ada sehingga mudah dipahami dan dapat dikerjakan secara mandiri. Saran lain yang masih terkait adalah menentukan satu bidang yang akan diberikan sama untuk semua siswa agar kelas bisa terkondisikan dan semua tujuan pembelajaran dapat tersampaikan dan terawasi dengan baik.

Selama pembelajaran dilakukan, peneliti melihat kesan baik yang ditunjukkan oleh siswa dengan mengikuti pembelajaran sampai akhir. Akan tetapi setelah dilakukan random sampling untuk wawancara dapat digali informasi lain dari siswa berkaitan dengan pembelajaran. Beragam kesan didapatkan oleh peneliti.

Sebagian besar siswa menyukai pelajaran yang terintegrasi STEM karena menurut mereka belajar menjadi santai layaknya bermain, Han (2016) PjBL dapat meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep melalui proyek yang berbentuk kontekstual. namun ada pula yang lebih menyukai pembelajaran matematika yang diajarkan secara konvensional yang berorientasi pada pengerjaan soal.

Mengenai situasi pembelajaran diperoleh hasil bahwa memberikan keputusan pada siswa untuk dapat memilih bidang pembelajarannya, membuat siswa kebingungan dikarenakan bidang STEM adalah hal yang baru bagi mereka dan mereka belum mengetahui spesialisasi kemampuannya pada bidang tersebut. Mampunya siswa dalam mengikuti pembelajaran belum tentu membuat siswa merasa nyaman dengan banyaknya kegiatan yang dilakukan. Melalui wawancara pula diperoleh hasil kegiatan yang dilakukan selama pembelajaran harus selalu menyesuaikan, hal ini sangat erat kaitannya dengan kemampuan guru dalam memahami kemampuan siswanya.

C. Pengembangan Bahan Ajar Akhir

Langkah pengembangan bahan ajar PjBL terintegrasi STEM adalah langkah-langkah yang dilakukan untuk menyusun bahan ajar dan melakukan validasi terhadap bahan ajar yang sudah dibuat.

Langkah yang dilakukan mengadaptasi empat langkah pengembangan (*development*) menurut Gall *et al.* (1996), yaitu sebagai berikut yakni langkah pertama *research and information collecting*, pada tahap ini dilakukan kegiatan penelitian literatur mengenai bahan ajar yang harus dikembangkan, pengumpulan informasi terkait pembelajaran STEM melalui observasi, dan pengumpulan *prototype* bahan ajar STEM, kemudian studi lapangan untuk mengetahui karakteristik siswa dimana bahan ajar akan di implentasikan. Gambar 1 dan Gambar 2 menunjukkan *prototype* bahan ajar STEM.



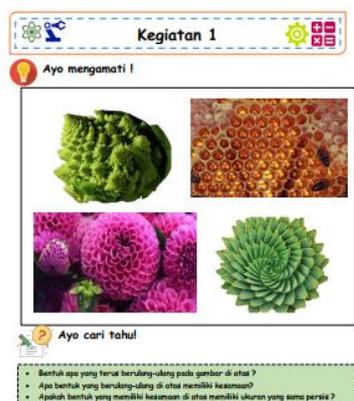
Gambar 1. Prototype bahan ajar STEM



Gambar 2. Portofolio Siswa

Langkah kedua *planning*, pada tahap ini dilakukan kegiatan perumusan tujuan yang hendak dicapai pada setiap pertemuannya dan pengembangan desain awal draft bahan ajar. Langkah ketiga *develop preliminary form of product*, pada tahap ini dilakukan kegiatan

penyusunan peta konsep kegiatan, pengintegrasian bidang STEM dalam setiap kegiatan, hingga penyusunan draft bahan ajar baru selesai. Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan hasil pengembangan bahan ajar PjBL terintegrasi STEM.



Gambar 3. Bahan ajar PjBL-STEM



Gambar 4. Bahan ajar PjBL-STEM

Langkah keempat *preliminary field testing*, langkah terakhir pada tahap ini dilakukan validasi oleh ahli dan uji coba dalam lingkup kecil.

Observasi awal mengenai pembelajaran STEM dilakukan oleh peneliti selama proses pembelajaran STEM pada dua SMP di Kota Bandung. Menggunakan bahan ajar yang sama dalam topik matematika SMP, serta nilai fleksibilitas bahan ajar yang dibuat harus cukup tinggi. Kontribusi lain informasi awal memberikan pertimbangan bagi peneliti ketika melakukan rancangan situasi belajar. Ketika menyusun bahan ajar untuk setiap kegiatan, perlu dipikirkan jumlah pertemuan yang tersedia untuk menyelesaikan topik matematika yang dipilih. Kemudian durasi waktu efektif pembelajaran sangat berkaitan dengan

kemampuan siswa untuk tahan terhadap situasi yang dirancang untuk pembelajaran. Maka dari itu, kemampuan guru sangat diandalkan untuk melakukan penilaian awal daya tahan siswa dalam pelaksanaan pembelajaran.

Hasil dari penelitian menunjukkan siswa yang berkemampuan cukup tinggi akan mempunyai daya tahan yang lebih tinggi terhadap durasi waktu pembelajaran dan lebih memungkinkan untuk melaksanakan tidak hanya satu kegiatan dalam satu pertemuan. Kemudian ditemukan pula, kontrol lingkungan kelas yang ketat dapat menambah daya konsentrasi siswa selama pembelajaran.

Dibutuhkan proses dan usaha untuk dapat mengembangkan pengetahuan matematika yang abstrak sehingga dapat digunakan dalam penerapannya (Dahl, 2018). Menciptakan terlebih dahulu lingkungan kelas yang tertib membuat siswa fokus pada pembelajaran. Merancang posisi meja dan tempat duduk secara berkelompok atau memastikan siswa untuk duduk di kursinya masing-masing merupakan hal yang sangat sepele, namun dalam penelitian ini, terungkap hal kecil tersebut mempunyai dampak terhadap kondusivitas pembelajaran.

Rancangan bahan ajar disusun berdasarkan telaah kurikulum. PjBL adalah model pembelajaran yang terdapat didalamnya. Ciri khas dari model pembelajaran ini adalah hasilnya berupa produk. Tidak semua topik dalam matematika dapat dijadikan sebuah produk nyata. Dalam menyusun rancangan tersebut, peneliti berusaha memunculkan karakteristik PjBL. Tiantong & Siksén (2013) mengungkapkan karakteristik PjBL adalah berpusat pada siswa. Guru berperan sebagai fasilitator dan memberikan *scaffolding* jika siswa kesulitan. Banyaknya waktu yang dipakai oleh guru untuk menyampaikan materi yang menggunakan pendekatan tradisional tidak terjadi pada model pembelajaran ini. Sehingga waktu pembelajaran atau peneliti sendiri lebih banyak dan fokus terhadap observasi siswa selama pembelajaran.

Karakteristik lain dari PjBL adalah mendukung pembelajaran kooperatif melalui komunikasi, pertukaran informasi, pengetahuan dan opini antar peserta didik

(Tiantong & Siksen, 2013). Rancangan situasi belajar yang sejalan dengan karakteristik tersebut adalah belajar secara kelompok. Dengan melakukan pertukaran informasi untuk menyelesaikan masalah yang diberikan, guru dapat mengobservasi kemampuan siswa dalam bernalar, memilih informasi, dan memutuskan tindakan untuk menyelesaikan masalah yang diberikan. Secara singkat Facione (2015) menyebut kemampuan siswa tersebut sebagai kemampuan berpikir kritis. Kemampuan berpikir secara logis atau berpikir kritis merupakan bagian dari kemampuan yang dilatihkan selama pembelajaran STEM (Morrison J, 2006) Perlu ditambahkan pula, kemampuan berpikir kritis merupakan kemampuan inti dari kompetensi abad 21 sesuai dengan 4Cs yang dipublikasikan P21 (2011) Kemampuan ini merupakan output yang muncul selama penelitian dilakukan.

Realisasi model PjBL dalam rancangan ini, tidak serta merta mengambil sintak yang sudah terdapat di dalam kurikulum. Beberapa pertimbangan dilakukan agar mendapat sintak PjBL yang sesuai dengan kerangka berpikir pembelajaran STEM. Dengan melakukan perbandingan sintak PjBL yang dikemukakan oleh para ahli dan sintak PjBL di dalam kurikulum 2013, peneliti memutuskan untuk menggunakan sintak PjBL yang dielaborasi dari pernyataan para ahli. Hal ini dikarenakan terdapat poin yang peneliti soroti pada sintak K-13 yang kurang bisa memfasilitasi pembelajaran secara efisien. Maka dari itu sintak PjBL yang dielaborasi dari pernyataan para ahli digunakan dalam penyusunan Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) dan bahan ajar yang kemudian diintegrasikan dengan bidang STEM pilihan.

Pendekatan terpadu dalam STEM idealnya sangat cocok, tetapi pada pelaksanaannya pendekatan tertanam yang disebut oleh Roberts & Cantú (2012) dirasa lebih cocok untuk dilakukan. Dalam pendekatan tertanam, satu konten dijadikan sebagai bidang major. Bidang major dalam pengembangan bahan ajar ini adalah bidang matematika. Integritas dari subjek matematika dipertahankan dari awal sampai akhir. Bidang lainnya dari STEM dicari

hubungannya dengan materi utama. Pada akhirnya materi yang dievaluasi atau dinilai adalah materi matematika. Maka tak heran bagian evaluasi hanya memuat konsep matematika.

IV. KESIMPULAN

Pengembangan bahan ajar PjBL terintegrasi STEM mengadaptasi empat langkah pertama dalam penelitian dan pengembangan (R&D) model Borg & Gall. Fokus utama dalam kajian ini adalah pada langkah keempat yaitu *preliminary field testing*. Bahan ajar PjBL terintegrasi STEM yang sudah selesai melewati langkah pengembangan, dilakukan pemeriksaan oleh ahli uji materi dan ahli uji media untuk memvalidasi bahan ajar tersebut.

Hasil validasi juga diperoleh dari hasil uji coba lingkup kecil pada 36 subyek, dilakukan beberapa perubahan yang berkaitan dengan materi pada bahan ajar dan soal kemampuan berpikir kritis. Hasil dari validasi diperoleh bahwa, validitas muka dan validitas isi bahan ajar adalah valid dan layak.

Kemudian hasil dari validitas konstruk termasuk kedalam validitas sangat baik hingga baik. Kemudian validitas tiap butir soal pada bagian evaluasi menunjukkan nilai validitas tinggi yang dominan. Dapat disimpulkan, dari penelitian ini bahan ajar yang sedang dikembangkan valid dan layak untuk digunakan dalam penelitian lingkup terbatas atau luas.

Kegiatan terakhir dari penelitian ini yaitu ujicoba (eksperimen) lingkup kecil. Dari hasil penelitian kuasi eksperimen ini diperoleh kesimpulan bahwa pembelajaran matematika dengan model *project-based learning* terintegrasi STEM dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis matematis siswa SMP. Saran yang dapat diberikan dalam penerapan PjBL-STEM dapat dikembangkan kembali dengan mengintegrasikan pada software pada aplikasi pembelajaran matematika yang mampu meningkatkan kemampuan matematis lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Cooney, S., & Bottoms, G. (2003). *Middle Grades to High School: Mending a Weak Link. Research Brief*. Southern Regional Education Board, 592 10th St. N.W., Atlanta, GA 30318. Tel: 404-875-9211; Web site: <http://www.sreb.org>. For full text: http://www.sreb.org/programs/hstw/publications/briefs/Middle_Grades_To_HS.pdf. www.sreb.org.
- Dahl, B. (2018). What is the problem in problem-based learning in higher education mathematics. *European Journal of Engineering Education*, 43(1), 112–125. <https://doi.org/10.1080/03043797.2017.1320354>.
- Evans, R., Friedman, J., McGrath, L., Myers, P., Ruiz, A. 2017. Math Path: Encouraging Female Students in Mathematics Through Project -Based Learning. *Journal Problems, Resources, and Issues in Mathematics Undergraduate Studies*. 1 - 25.
- Facione, P. (2015). Critical Thinking: What It Is and Why It Counts. *Insight Assesment* , 1–13. https://www.researchgate.net/publication/251303244_Critical_Thinking_What_It_Is_and_Why_It_Counts.
- Fortus, D., Krajcik, J., Dersheimer, R. C., Marx, R. W., & Mamlok-Naaman, R. (2005). Design-based science and real-world problem-solving. *International Journal of Science Education*, 27(7), 855–879. <https://doi.org/10.1080/09500690500038165>.
- Gall, M. D., Borg, W. R., & Gall, J. P. (1996). *Educational research: An introduction* (Sixth). Longman Publishing. <https://psycnet.apa.org/record/1996-97171-000>.
- Goudas, M., Dermitzaki, I., Leondari, A., & Danish, S. (2006). The effectiveness of teaching a life skills program in a physical education context. *European Journal of Psychology of Education*, 21(4), 429–438. <https://doi.org/10.1007/BF03173512>.
- Gulbahar, Y., & Tinmaz, H. (2006). Implementing Project-Based Learning and E-Portfolio Assessment in an Undergraduate Course. *Journal of Research on Technology in Education*, 38(3), 309–327.
- Morrison J. (2006). *TIES STEM Education Monograph Series: Attributes of STEM Education* (5th ed., Vol. 2). MD:TIES,. <http://www.sciepub.com/reference/249723>.
- Owens, A. D., & Hite, R. L. (2020). Enhancing student communication competencies in STEM using virtual global collaboration project based learning. *Research in Science and Technological Education*, 1–27. <https://doi.org/10.1080/02635143.2020.1778663>.
- P21. (2011). *Framework for 21st Century Learning* (Washington DC: Partnership for 21st century skills).
- Priatna, N., Lorenzia, S. A., & Widodo, S. A. (2020). STEM education at junior high school mathematics course for improving the mathematical critical thinking skills. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 8(3), 1173–1184. <https://doi.org/10.17478/JEGYS.728209>.
- Roberts, A., & Cantú, D. (2012). Applying STEM Instructional Strategies to Design and Technology Curriculum. *Old Dominion University*, 1–120.
- Sumaryanta, Priatna, N., & Sugiman. (2019). PEMETAAN HASIL UJIAN NASIONAL MATEMATIKA. *Indonesian Digital Journal of Mathematics and Education*, 6(1), 1–12. <http://p4tkmatematika.kemdikbud.go.id/journals/index.php/idealmathedu/>.
- Tiantong, M., & Siksen, S. (2013). The Online Project-based Learning Model Based on Student's Multiple Intelligence. *International Journal of Humanities and Social Science*, 3(7), 1–8. www.ijhssnet.com.
- Ubuz, B., & Aydinyer, Y. (2019). Project-based geometry learning: Knowledge and attitude of field-dependent/independent cognitive style students. *Journal of Educational Research*, 112(3), 285–300. <https://doi.org/10.1080/00220671.2018.1502138>.