

BAB I. IMPLEMENTASI MODEL *OPEN ENDED PROJECT BASED E-LEARNING* BERBANTUAN GEOGEBRA TERHADAP BERPIKIR KREATIF MATEMATIS

Detalia Noriza Munahefi, Mulyono, Kartono

Program Studi Pendidikan Matematika Universitas Negeri
Semarang
detalia@mail.unnes.ac.id

ABSTRAK

Indikator kemampuan berpikir kreatif matematis terdiri atas kelancaran, fleksibilitas, elaborasi, dan originalitas, terutama pada siswa SMA N 1 Weleri kelas X yang diajarkan dengan model *open ended project based e-learning* berbantuan Geogebra. Pendekatan *open-ended* ini merangsang siswa melakukan investigasi untuk menyusun berbagai ide dan gagasan dengan menggunakan strategi yang unik dan tepat. Di sisi lain, pembelajaran berbasis proyek memberikan pengalaman belajar dan praktik mengorganisasi proyek yang dirancang untuk mengaplikasikan pembelajaran matematika dalam kehidupan nyata. Proyek yang disusun melalui aplikasi Geogebra dapat dikerjakan secara individu di tempat masing-masing siswa berada. Siswa diinstruksikan untuk menyusun proyek pada materi vektor dengan hasil yang beragam untuk menstimulus pencapaian aspek kemampuan berpikir kreatif matematis. Aspek kelancaran ditunjukkan dengan siswa dapat menyebutkan beberapa kemungkinan operasi hitung yang dapat dibentuk dari vektor-vektor yang disediakan. Aspek fleksibilitas ditunjukkan dengan berbagai strategi yang digunakan untuk menentukan resultan vektor. Aspek elaborasi yang ditunjukkan dengan ketepatan antara skema vektor dengan operasi hitung yang dibentuk dari skema tersebut. Aspek originalitas ditunjukkan dengan siswa dapat menyusun operasi hitung dari vektor-vektor yang tersedia secara unik dan berbeda.

Kata kunci: Geogebra, indikator berpikir kreatif matematis, *open-ended project e-learning*

PENDAHULUAN

Salah satu tujuan pendidikan nasional adalah pengembangan kreativitas siswa. Bidang pendidikan menurut Bart, *et al.* (2015) menyatakan bahwa kreatif menjadi ranah yang penting. Oleh karena itu kemampuan berpikir kreatif matematis menjadi fokus utama yang dikembangkan pada pembelajaran matematika (Fatah, *et al.*, 2016). Harapan utama pengembangan kemampuan berpikir kreatif pada pembelajaran matematika di sekolah menurut Shriki (2010) bukan siswa yang mampu menciptakan karya yang luar biasa tapi mampu menawarkan wawasan baru pada penyelesaian masalah yang layak bagi siswa. Siswa diharapkan mampu mencapai aspek-aspek berpikir kreatif matematis dalam menyelesaikan permasalahan. Aspek-aspek berpikir kreatif matematis menurut Munahefi, *et al* (2022) terdiri atas kelancaran, fleksibilitas, elaborasi dan originalitas.

Sjahrifa (2019) menyatakan bahwa kualitas pendidikan di Indonesia berada pada urutan ke-12 dari 12 negara di Asia berdasarkan hasil survei *Political and Economic Risk Consultant* (PERC). Hasil *PISA Programme for Internatinal Student Assesment*) tahun 2018 juga menyatakan bahwa Indonesia menempati peringkat 10 terendah dari 78 negara. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kreatif matematis sebagai salah satu tujuan pendidikan nasional belum tercapai secara maksimal.

Tyagi (2016) menyatakan bahwa berpikir kreatif matematis dianggap sebagai tingkat tinggi dalam berpikir pada domain kognitif. Oleh karena itu perlu adanya inovasi pembelajaran yang mampu memotivasi siswa untuk menemukan kebaruan dan keunikan dalam menyelesaikan masalah matematika. Pengembangan kemampuan berpikir kreatif matematis dengan merancang pembelajaran yang variatif, melibatkan siswa supaya lebih aktif dalam pembelajaran, dan membuat siswa memiliki minat belajar yang tinggi (Dwijanto, *et al.*, 2019)

Pembelajaran berbasis proyek (PjBL) sebagai salah satu model pembelajaran yang dapat menumbuhkan kreativitas (Culclasure, *et al.*, 2019); (Anita, 2017); (Fatmawati, 2011);

(Isnaniah, 2017); Octariani dan Rambe (2020). Siswa diberikan kesempatan secara langsung untuk menyusun proyek dengan beberapa tahap, yakni: mendefinisikan masalah, mendiskusikan ide, menerapkan konsep, merancang penyelidikan, mengumpulkan dan menganalisis data, dan mempresentasikan pekerjaannya. Oleh karena itu, siswa melalui pembelajaran berbasis proyek tidak hanya menerapkan pengetahuan pada pengalaman belajar mereka, tetapi juga memungkinkan siswa aktif bekerja dalam tim dalam proses penyusunan proyek.

PjBL yang ditunjang dengan pendekatan *open ended* pastinya dapat mengembangkan kemampuan berpikir kreatif matematis. Hal ini dikarenakan *open ended* mendorong siswa untuk aktif dan kreatif menemukan solusi pada suatu permasalahan Fatah, *et al.* (2016), Noer (2011); Agustian, *et al.* (2015). Siswa dikatakan memiliki kemampuan berpikir kreatif matematis apabila siswa supaya dapat memberikan berbagai solusi penyelesaian masalah yang unik. *Open-ended* mendorong siswa untuk dapat menemukan lebih dari satu solusi penyelesaian masalah (Arsyad, *et al.* 2017) (Samsiyah dan Rudyanto, 2015). Kwan dan Wong (2014); Tandiseru (2015); dan Tunca (2015) menyatakan bahwa siswa melalui pendekatan *open-ended* berpartisipasi aktif dalam investigasi terbuka dan mengeksplorasi berbagai teknik dan solusi permasalahan sehingga menunjang pengembangan kemampuan berpikir kreatif matematis

Pemanfaatan teknologi dalam menunjang penerapan model *open ended project based e-learning* sangat dibutuhkan. Geogebra merupakan salah satu *software* yang dapat digunakan dalam menunjang pembelajaran matematika. Penggunaan Geogebra mampu menunjang siswa pengembangan kemampuan berpikir kreatif matematis dalam menyusun *open-ended project*. Sebagaimana pendapat Arbain dan Shukor (2015); Octariani dan Rambe (2018); Utari dan Stiadi (2022) yang menyatakan bahwa Geogebra menunjang dalam rancangan pembelajaran efektif sehingga mampu mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif. Di sisi lain, menurut Jelatu, *et al.* (2018) bahwa Geogebra

mampu menunjang fokus dan daya ingat siswa dalam kegiatan pembelajaran matematika.

Kegiatan pembelajaran matematika menjadi lebih bermakna apabila didukung dengan media pembelajaran yang sejalan dengan perkembangan teknologi. Geogebra merupakan salah satu *software* dapat digunakan dalam menunjang pembelajaran matematika. Oleh karena itu Geogebra dipilih sebagai media pada kegiatan pembelajaran dengan model *open ended project based e-learning* sebagai media yang digunakan oleh siswa untuk menyusun proyek. Geogebra menurut Arbain dan Shukor (2015); Octariani dan Rambe (2018); Utari dan Stiadi (2022) sebagai membantu guru untuk merancang pelajaran efektif untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif. Selaras dengan itu, Jelatu, *et al.* (2018) menyatakan bahwa melalui media Geogebra, siswa menjadi lebih fokus pada pembelajaran dan memperkuat daya ingat siswa. Oleh karena itu implementasi model *open ended project based e-learning* berbantuan Geogebra diharapkan mampu menunjang pencapaian aspek-aspek berpikir kreatif matematis siswa.

KEMAMPUAN BERPKIR KREATIF MATEMATIS

Puspitasari, *et al.*, (2019) menyatakan bahwa berpikir kreatif merupakan cara pikir tingkat tinggi atau mendorong berpikir logis dan divergen dalam membangun ide-ide baru yang dipicu oleh masalah yang tidak rutin dan menantang. Siswa yang memiliki kemampuan berpikir kreatif matematis cenderung dapat menyelesaikan permasalahan dengan berbagai metode dan algoritma yang beragam (Krisdiana, *et al.*, 2019). Bahkan siswa dengan kemampuan berpikir kreatif matematis dapat menyelesaikan masalah tidak rutin tanpa menggunakan tahapan-tahapan yang digunakan pada umumnya. Oleh karena itu kemampuan berpikir merupakan kemampuan dalam menyelesaikan masalah dengan berbagai strategi penyelesaian masalah sehingga mampu menemukan solusi yang tidak biasa dan unik.

Kemampuan berpikir kreatif matematis diukur berdasarkan indikator-indikatornya. Indikator berpikir kreatif matematis menurut (Huang, *et al.*, 2017; Sriwongchai, 2015; Tanujaya, 2016) atas berpikir orisinal, berpikir detail, kelancaran, dan fleksibilitas. Pehkonen (1997), Krutetskii (1976), Haylock (1997), dan Silver (1997) menyatakan indikator berpikir kreatif matematis menurut adalah kelancaran, fleksibilitas dan originalitas. Indikator kemampuan berpikir kreatif matematis menurut Ayllón, *et al.* (2016), Sriraman dan Haavold (2017), Munahefi, *et al.* (2020) terdiri atas kelancaran, fleksibilitas, elaborasi dan originalitas. Kelancaran dimana siswa dapat menyebutkan beberapa solusi dari suatu masalah. Fleksibilitas dimana siswa dapat menyelesaikan masalah dengan beberapa strategi atau pendekatan yang tepat. Orisinalitas dimana siswa dapat memberikan solusi yang unik dan tepat pada satu masalah. Elaborasi dimana siswa dapat menyelesaikan masalah secara terperinci, runtut, dan koheren dengan menggunakan konsep, representasi, istilah atau notasi matematis yang sesuai.

MODEL OPEN ENDED PROJECT BASED E-LEARNING

Model *open ended project based e-learning* merupakan model pembelajaran berbasis proyek terbuka. Proyek terbuka yang dimaksud adalah proyek yang memungkinkan untuk diselesaikan dengan beberapa strategi penyelesaian yang berbeda atau proyek yang memiliki solusi penyelesaian yang beragam. Proyek terbuka digunakan pada pembelajaran ini diselesaikan menggunakan bantuan aplikasi Geogebra pada materi vektor.

Kegiatan pembelajaran terdiri atas pendahuluan, inti dan penutup. Kegiatan pendahuluan terdiri atas memeriksa kehadiran siswa, menyiapkan mengecek kelengkapan dan kondisi fisik siswa, menyampaikan indikator pencapaian kompetensi (IPK) dan tujuan pembelajaran. Kegiatan inti berisi sintaks model *open ended project based e-learning* yang terbagi atas enam tahapan, yakni: menyiapkan pertanyaan, perencanaan proyek, penyusunan proyek, penyelesaian proyek, penyusunan laporan dan evaluasi

hasil proyek. Kegiatan penutup terdiri atas: memberi kuis kepada siswa, memberikan motivasi dan penguatan kepada siswa, memberi pekerjaan rumah tentang materi yang telah dipelajari, menutup pelajaran dengan mengucapkan salam.

Sintaks model *open ended project based e-learning* yang terbagi atas enam tahapan, yakni: menyiapkan pertanyaan, perencanaan proyek, penyusunan proyek, penyelesaian proyek, penyusunan laporan dan evaluasi hasil proyek. Kegiatan pembelajaran yang dilakukan pada tahap menyiapkan pertanyaan adalah guru menjelaskan materi pembelajaran kepada siswa dan siswa mengajukan pertanyaan berkaitan dengan materi tersebut. Tahap perencanaan proyek dimana siswa menyiapkan aplikasi Geogebra yang digunakan sebagai media untuk menyelesaikan proyek tersebut. Guru memberikan simulasi penggunaan Geogebra dalam menyelesaikan *open ended project* melalui video pembelajaran sehingga siswa dapat secara berulang mempelajarinya. Tahap penyusunan proyek yakni siswa didampingi dalam menyusun *open ended project* melalui aplikasi Geogebra supaya sesuai dengan instruksi pada lembar kerja. Tahap penyelesaian proyek yakni siswa menyelesaikan seluruh kegiatan pada lembar kerja *open ended project* hingga dapat menyusun suatu simpulan dari kegiatan tersebut. Tahap penyusunan laporan yakni Siswa menyusun laporan dari kegiatan yang sudah dilakukan secara lengkap dan terperinci sedangkan guru memfasilitasi siswa untuk mempresentasikan laporannya tersebut. Tahap evaluasi hasil proyek yakni guru dan siswa pada akhir proses pembelajaran melakukan refleksi terhadap aktivitas dan hasil *open ended project* tersebut. Siswa menceritakan pengalamannya selama menyelesaikan proyek.

PENERAPAN OPEN ENDED PROJECT BASED E-LEARNING

Model *open ended project based e-learning* sebagai salah satu inovasi pembelajaran jarak jauh yang efektif mengembangkan kemampuan berpikir kreatif matematis. Siswa melalui model ini akan berlatih merencanakan, melaksanakan kegiatan sesuai rencana dan menampilkan atau melaporkan hasil kegiatan melalui

pembelajaran proyek. Proyek yang disusun melalui aplikasi Geogebra yang dapat dikerjakan secara individu di tempat masing-masing siswa berada. Siswa diinstruksikan untuk menyusun proyek dengan hasil yang beragam untuk menstimulus siswa dalam mengembangkan kemampuan berpikir kreatif matematis.

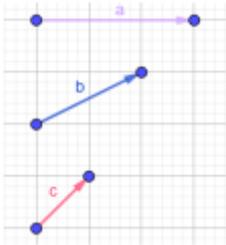
Pelaksanaan pembelajaran dengan model *open ended project based e-learning* berpedoman pada beberapa perangkat pembelajaran yang terdiri atas: silabus, buku model, RPP dan modul. Silabus berisi seperangkat rencana dan pengaturan pelaksanaan pembelajaran serta penilaian untuk siswa sekolah menengah kelas X pada mata pelajaran matematika peminatan. Buku model memaparkan secara terperinci sintaks model *open ended project based e-learning* dan penerapan model *open ended project based e-learning* pada materi vektor dengan bantuan Geogebra. RPP berisi uraian kegiatan pembelajaran dengan model *open ended project based e-learning* berbantuan Geogebra. Modul berisi materi vektor yang dilengkapi dengan tugas *open ended project*. Tugas tersebut dikerjakan dengan bantuan aplikasi Geogebra yang mendorong siswa untuk menyusun proyek dengan hasil yang beragam. Tugas *open ended project* sebagai berikut.

1. Kegiatan Open Ended Project 1

Kegiatan *open ended project* 1 bertujuan supaya siswa dapat menyebutkan vektor-vektor searah maupun berlawanan arah, siswa dapat menerapkan operasi hitung penjumlahan dan selisih vektor, dan siswa dapat menerapkan operasi hitung perkalian vektor dengan skalar. Kegiatan yang dilakukan siswa yakni menyusun kemungkinan-kemungkinan operasi hitung vektor dari beberapa vektor yang sudah disediakan. Hasil proyek siswa dalam menentukan beberapa operasi hitung yang dapat dibentuk dari vektor-vektor yang disediakan ditunjukkan pada Gambar 1. Siswa dapat menyusun lima kemungkinan yang operasi hitung vektor menggunakan vektor \vec{a} , \vec{b} , dan \vec{c} yang besar dan arahnya sudah ditentukan. Namun ada beberapa kesalahan kecil pada hasil proyek tersebut. Ketidakkonsistenan siswa dalam

menuliskan simbol. Hasil proyek pada nomor 3 menunjukkan sketsa proyek resultan dilambangkan dengan u , tapi di bagian operasi hitung secara aljabar resultan dilambangkan dengan $r3$. Hasil proyek Pada nomor 4 kurang tepat karena siswa menggambar vektor \vec{c} di sketsa dengan panjang 3 satuan namun di operasi hitung secara aljabar dituliskan $2\vec{c}$ yang berarti panjang vektor 2. Selain itu, kesalahan lain pada hasil proyek, nomor 4 adalah ketidaksesuaian antara sketsa dengan arah vektor. Hasil proyek pada nomor 4 menunjukkan bahwa sketsa \vec{b} searah dengan vektor yang disediakan namun siswa menuliskannya $-\vec{b}$ yang berarti berlawanan dengan arah vektor \vec{b} yang disediakan. Resultan yang tepat pada hasil proyek. Nomor 5 seharusnya adalah $2\vec{b} - \vec{a} - \vec{c}$. Tugas *open ended project* menunjukkan beberapa kendala yang dihadapi siswa dalam mencapai aspek-aspek berpikir kreatif matematis.

Siswa melalui proyek ini diharapkan dapat mencapai aspek-aspek berpikir kreatif matematis, yakni kelancaran, elaborasi dan originalitas melalui aktivitas ini. Siswa dapat mencapai aspek kelancaran yang ditunjukkan dengan menyebutkan beberapa kemungkinan operasi hitung yang dibentuk dari vektor-vektor tersedia. Siswa dapat mencapai aspek elaborasi yang ditunjukkan dengan ketepatan antara skema vektor dengan operasi hitung. Siswa dapat menyusun operasi hitung dari vektor-vektor yang tersedia secara unik dan berbeda.



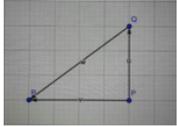
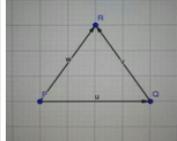
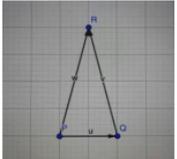
No	Screenshot Hasil Perpotongan Vektor	Operasi Hitung Vektor
1.		$r1 = a + b + c$
2.		$r2 = a - b - c$
3.		$r3 = -c - a - b$
4.		$r4 = -b - 2c + a$
5.		$r5 = -2b - a - c$

Gambar 1.1 Hasil Tugas Proyek 1

2. Kegiatan Open Ended Project 2

Kegiatan *open ended project 2* bertujuan supaya siswa dapat menerapkan vektor posisi, siswa dapat menentukan panjang vektor, dan siswa dapat menganalisis jenis segitiga yang dibentuk

oleh vektor-vektor posisi. Gambar 1.2 menunjukkan hasil proyek siswa dalam menentukan bangun yang terbentuk dari perpotongan vektor-vektor.

Titik P	Titik Q	Titik R	\vec{PQ} $\begin{pmatrix} 9 & 6 \\ 9 & 3 \end{pmatrix}$ $= \begin{pmatrix} 0 \\ 3 \end{pmatrix}$	\vec{PR} $\begin{pmatrix} 5 & 3 \\ 9 & 3 \end{pmatrix}$ $= \begin{pmatrix} -4 \\ 0 \end{pmatrix}$	\vec{QR} $\begin{pmatrix} 5 & 3 \\ 9 & 6 \end{pmatrix}$ $= \begin{pmatrix} -4 \\ 3 \end{pmatrix}$	$ \vec{PQ} $ $\sqrt{9} = 3$	$ \vec{PR} $ $\sqrt{16} = 4$	$ \vec{QR} $ $\sqrt{16+9} = 5$	Jenis Segitiga Segitiga Siku-siku 
Titik P	Titik Q	Titik R	\vec{PQ} $\begin{pmatrix} 7 & 4 \\ 3 & 4 \end{pmatrix}$ $= \begin{pmatrix} 4 \\ 0 \end{pmatrix}$	\vec{PR} $\begin{pmatrix} 5 & 7 \\ 3 & 4 \end{pmatrix}$ $= \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \end{pmatrix}$	\vec{QR} $\begin{pmatrix} 5 & 7 \\ 7 & 4 \end{pmatrix}$ $= \begin{pmatrix} -2 \\ 3 \end{pmatrix}$	$ \vec{PQ} $ $\sqrt{16} = 4$	$ \vec{PR} $ $\sqrt{4+9} = \sqrt{13}$	$ \vec{QR} $ $\sqrt{4+9} = \sqrt{13}$	Jenis Segitiga Segitiga sama sisi 
Titik P	Titik Q	Titik R	\vec{PQ} $\begin{pmatrix} 7 & 4 \\ 5 & 4 \end{pmatrix}$ $= \begin{pmatrix} 2 \\ 0 \end{pmatrix}$	\vec{PR} $\begin{pmatrix} 6 & 8 \\ 5 & 4 \end{pmatrix}$ $= \begin{pmatrix} 1 \\ 4 \end{pmatrix}$	\vec{QR} $\begin{pmatrix} 6 & 8 \\ 7 & 4 \end{pmatrix}$ $= \begin{pmatrix} -1 \\ 4 \end{pmatrix}$	$ \vec{PQ} $ $\sqrt{4} = 2$	$ \vec{PR} $ $\sqrt{16} = 4$	$ \vec{QR} $ $\sqrt{16} = 4$	Jenis Segitiga Segitiga sama kaki 

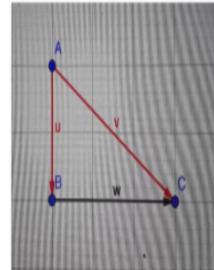
Gambar 1.2. Hasil Tugas Proyek 2

Siswa dapat mencapai aspek-aspek berpikir kreatif matematis, yakni kelancaran dan elaborasi melalui aktivitas ini. Siswa dapat mencapai aspek kelancaran yang ditunjukkan dengan mereka dapat menentukan berbagai kemungkinan vektor posisi yang dapat membangun suatu bangun segitiga. Siswa dapat mencapai aspek elaborasi yang ditunjukkan dengan siswa dapat mengidentifikasi jenis segitiga yang terbentuk dari perpotongan vektor-vektor tersebut.

3. Kegiatan *Open Ended Project 3*

Kegiatan *open ended project 3* bertujuan supaya siswa dapat menerapkan perkalian skalar dua vektor dan siswa dapat menentukan besar sudut dari dua vektor yang berimpit. Hasil proyek siswa dalam menentukan *cosinus* sudut yang dibentuk dari perpotongan dua vektor ditunjukkan Gambar 1.3. Siswa dapat menentukan *cosinus* sudut A menggunakan rumus sudut apit vektor yang mengapit sudut A yakni vektor \vec{u} dan vektor \vec{v} sehingga diperoleh $\cos A = \frac{\vec{u} \cdot \vec{v}}{|\vec{u}| |\vec{v}|}$. Vektor \vec{u} merupakan \overrightarrow{AB} sedangkan vektor \vec{v} merupakan \overrightarrow{AC} . Selain itu, Gambar 3 juga menunjukkan siswa dapat menentukan *cosinus* sudut A dengan menggunakan aturan *cosinus*. Sudut A diapit oleh AB dan AC, berhadapan dengan BC sehingga diperoleh $\cos A = \frac{|AB|^2 + |AC|^2 - |BC|^2}{2|AB||AC|}$.

A	B	C	AB	AC	BC	AB	AC	BC	$\cos A$ $\frac{AB \cdot AC}{ AB AC }$	$\cos A$ $\frac{ AB ^2 + AC ^2 - BC ^2}{2 AB AC }$
(2,5)	(2,3)	(5,3)	$\begin{pmatrix} 2-2 \\ 3-5 \\ 0 \\ -2 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 5-2 \\ 3-5 \\ 3-3 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 5-2 \\ 3-3 \end{pmatrix}$	$\sqrt{0+4} = \sqrt{4} = 2$	$\sqrt{9+4} = \sqrt{13}$	$\sqrt{9+0} = \sqrt{9} = 3$	$\frac{\begin{pmatrix} 0 \\ -2 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 3 \\ -2 \end{pmatrix}}{2 \cdot \frac{2\sqrt{13}}{4}} = \frac{2\sqrt{13}}{2\sqrt{13}} = \frac{2\sqrt{13}}{13}$	$\frac{2^2 + \sqrt{13}^2 - 3^2}{2 \cdot 2 \cdot \sqrt{13}} = \frac{4 + 13 - 9}{4\sqrt{13}} = \frac{8}{4\sqrt{13}} = \frac{2\sqrt{13}}{13}$



Gambar 1.3. Hasil Tugas Proyek 3

Siswa dapat mencapai aspek-aspek berpikir kreatif matematis, yakni: kelancaran, fleksibilitas, dan elaborasi melalui aktivitas ini. Siswa dapat mencapai aspek kelancaran yang ditunjukkan dengan menyebutkan berbagai kemungkinan sudut-sudut yang terbentuk dari perpotongan dua vektor. Siswa dapat mencapai aspek elaborasi dengan bukti keterampilan dalam menyusun sketsa perpotongan dua vektor dan menentukan sudut dari perpotongan kedua vektor tersebut. Siswa dapat mencapai aspek fleksibilitas ditunjukkan dengan keterampilannya dalam menentukan *cosinus* sudut yang dibentuk dari perpotongan dua vektor dan beberapa strategi penyelesaian.

PERANAN *OPEN ENDED PROJECT BASED E-LEARNING* TERHADAP KEMAMPUAN BERPIKIR KREATIF MATEMATIS

Model *open ended project based e-learning* memadukan antara pendekatan *open ended* dan pembelajaran berbasis proyek. Pendekatan *open-ended* ini merangsang siswa melakukan investigasi untuk menyusun berbagai ide dan gagasan dengan menggunakan strategi yang unik dan tepat. Di sisi lain, pembelajaran berbasis proyek memberikan pengalaman belajar dan praktik mengorganisasi proyek yang dirancang untuk mengaplikasikan pembelajaran matematika dalam kehidupan nyata.

Open ended ini sebagai suatu pendekatan pembelajaran yang mendorong siswa untuk aktif dan kreatif dalam menemukan berbagai strategi dan solusi penyelesaian masalah. Sejalan dengan Sariningsih dan Herdiman (2017), Ariani, *et al.* (2014) menyatakan bahwa *open-ended* berpengaruh positif terhadap kemampuan berpikir kreatif matematis. Pendekatan *open ended* lebih mengutamakan proses berpikir dalam menyelesaikan masalah. Sebagaimana Nohda (2000) yang menyatakan bahwa permasalahan *open ended* dalam matematika tidak bertujuan untuk memperoleh jawaban yang benar, tetapi untuk membantu mengembangkan pola pikir dan aktivitas kreatif matematis. Siswa melakukan pembelajaran dengan pendekatan *open ended* ini diharapkan dapat menghasilkan solusi yang beragam yang berbeda antara satu siswa dengan siswa yang lain sehingga mampu menumbuhkan kreativitas. Bahkan Yuniarti *et al.*, (2017) menyatakan bahwa siswa yang menerima pembelajaran *open ended* mencapai kemampuan berpikir kreatif matematis lebih baik daripada pembelajaran konvensional.

Proyek ini memberi siswa kesempatan langsung untuk mengaplikasikan konsep berdasarkan materi yang telah diberikan untuk menghasilkan produk nyata melalui diskusi dalam kelompok sebaya yang kemudian dipresentasikan oleh siswa itu sendiri. Oleh karena itu, pembelajaran berbasis proyek tidak hanya membuat siswa menerapkan pengetahuan pada pengalaman belajar mereka, tetapi juga mendorong siswa untuk aktif mengkonstruksikan

pengetahuannya sehingga mampu meningkatkan kreativitas dengan memunculkan beragam ide yang unik. Sejalan dengan Munandar (1999) yang menyatakan bahwa keterampilan berpikir kreatif dapat dikembangkan melalui kegiatan eksperimen dan diskusi antar siswa.

Sejalan dengan hasil penelitian terdahulu yang juga menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek efektif terhadap kemampuan berpikir kreatif matematis siswa. Umma, et al (2019) menyatakan bahwa pembelajaran berbasis proyek dapat mengembangkan kreativitas siswa. Pembelajaran berbasis proyek mendorong siswa mengeksplorasi kemampuannya untuk menyusun proyek sehingga dapat menciptakan ide baru dan beragam. Sebagaimana Ralph (2016) menyatakan pembelajaran berbasis proyek mendorong siswa untuk aktif mengkontruksikan ide sehingga mampu memunculkan beragam ide yang unik. Hasil studi Djam'An, (2021) menunjukkan sebanyak 91% siswa yang melakukan pembelajaran berbasis proyek memperoleh hasil kreativitas termasuk kategori sangat baik. Wijaya, et al. (2021) juga menyatakan bahwa manfaat pembelajaran berbasis proyek meningkatkan keterampilan komunikasi dan pemecahan masalah, kemampuan berpikir kreatif dan kepercayaan diri.

Aplikasi Geogebra digunakan sebagai penunjang dalam menerapkan model *open ended project based e-learning*. Sebagaimana Hanif (2019) menyatakan jika pembelajaran dan teknologi saling dikaitkan maka akan menghasilkan kualitas berpikir kreatif yang tinggi. Studi menunjukkan bahwa teknologi memungkinkan siswa untuk membangun beberapa media. Hal ini mengantarkan siswa dapat terbantu dalam menghasilkan karya berkualitas tinggi dalam konteks kreativitas (Loveless, 2002). Siswa menyusun proyek melalui aplikasi Geogebra sehingga mampu menghasilkan karya yang beragam dan unik berbeda antara siswa. Kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa dengan pembelajaran berbasis proyek dengan berbantuan Geogebra lebih baik dibandingkan kelas *non-Project-Based Learning* (Suherman, et al., 2020).

Model *open ended project based e-learning* dimana siswa diberikan tugas proyek terbuka yang memungkinkan adanya solusi penyelesaian yang beragam dan diselesaikan dengan berbagai strategi penyelesaian. Model *open ended project based e-learning* memfasilitasi proses belajar mengajar sehingga mendorong siswa mengkonstruksi proyek untuk menemukan dan menerapkan sendiri gagasan-gagasan maupun strategi penyelesaian masalah yang unik dan beragam.

SIMPULAN

Siswa dapat mencapai indikator kemampuan berpikir kreatif matematis melalui pembelajaran *open ended project based e-learning*. Model *open ended project based e-learning* memadukan antara pendekatan *open ended* dan pembelajaran berbasis proyek. Model *open ended project based e-learning* dimana siswa diberikan tugas proyek terbuka yang memungkinkan adanya solusi penyelesaian yang beragam dan diselesaikan dengan berbagai strategi penyelesaian. Model *open ended project based e-learning* memfasilitasi proses belajar mengajar sehingga mendorong siswa secara mandiri mengkonstruksi proyek dan menemukan serta menerapkan gagasan-gagasan maupun strategi penyelesaian masalah yang unik dan beragam.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustian, E., Sujana, A., & Kurniadi, Y. 2015. Pengaruh Pendekatan Open-Ended Terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif Matematis Siswa Sekolah Dasar Kelas V. *Mimbar Sekolah Dasar*, 2(2), 234-242.
- Anita, I. W. 2017. Implementasi pembelajaran berbasis proyek untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kreatif matematis mahasiswa. *JPPM (Jurnal Penelitian dan Pembelajaran Matematika)*, 10(1), 125-131
- Arbain, N., dan Shukor, N. A. 2015. The effects of Geogebra on students achievement. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 172, 208-214.
- Ariani, N. M. D., Candiasa, I. M., Kom, M. I., dan Marhaeni, A. N. 2014.

- Pengaruh implementasi open-ended problem dalam pembelajaran matematika terhadap kemampuan pemecahan masalah dengan pengendalian kemampuan penalaran abstrak. *Jurnal Penelitian dan Evaluasi pendidikan Indonesia*. 4(1),1-11 .
- Arsyad, N., Rahman, A., dan Ahmar, A. S. 2017. Developing a self-learning model based on open-ended questions to increase the students' creativity in calculus. *Global Journal of Engineering Education*, 9(2), 143-147
- Ayllón, M. F., Gómez, I. A., dan Ballesta-Claver, J. 2016. Mathematical Thinking and Creativity through Mathematical Problem Posing and Solving. *Journal of Educational Psychology-Propósitos y Representaciones*. 4(1), 195-218.
- Bart, W. M., Hokanson, B., Sahin, I., & Abdelsamea, M. A. (2015). An investigation of the gender differences in creative thinking abilities among 8th and 11th grade students. *Thinking Skills and Creativity*, 17, 17-24.
- Djam'An, N. Bernard, Sahid. 2021. Developing Students' Creativity in Building City Mathematics through Project Based Learning. In *Journal of Physics: Conference Series*. 1899(1), 012147.
- Fatah, A., Suryadi, D., & Sabandar, J. (2016). Open-Ended Approach: An Effort in Cultivating Students' Mathematical Creative Thinking Ability and Self-Esteem in Mathematics. *Journal on Mathematics Education*, 7(1), 11-20.
- Culclasure, B. T., Longest, K. C., dan Terry, T. M. 2019. Project-based learning (Pjbl) in three southeastern public schools: Academic, behavioral, and social-emotional outcomes. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 13(2), 5.
- Dwijanto, D., Tayani, M., dan Veronica, R. B. 2019. The mathematical creative thinking ability viewed from learning interest in eleventh grade of vocational high school by using treffinger model assisted by problem card. *Unnes Journal of Mathematics Education*. 8(1), 26-33.
- Fatmawati, B. 2011. Pembelajaran berbasis proyek untuk meningkatkan keterampilan berpikir kreatif mahasiswa. *Jurnal Pengajaran MIPA*. 16(2), 85-92.

- Hanif, S., Wijaya, A. F. C., dan Winarno, N. 2019. Enhancing Students' Creativity through STEM Project-Based Learning. *Journal of science Learning*, 2(2), 50-57.
- Haylock, D. 1997. Recognising Mathematical Creativity in Schoolchildren. *ZDM*. 29(3).
- Huang, P. S., Peng, S. L., Chen, H. C., Tseng, L. C., dan Hsu, L. C. (2017). The relative influences of domain knowledge and domain-general divergent thinking on scientific creativity and mathematical creativity. *Thinking Skills and Creativity*. 25, 1-9.
- Isnaniah, I. 2017. Peningkatan Kreativitas dan Kemandirian Belajar Mahasiswa Melalui Model Pembelajaran Berbasis Proyek pada Perkuliahan Media Pembelajaran Matematika. *Suska Journal of Mathematics Education*. 3(2), 83-91.
- Jelatu, S., dan Ardana, I. 2018. Effect of Geogebra-Aided REACT Strategy on Understanding of Geometry Concepts. *International journal of instruction*. 11(4), 325-336.
- Krisdiana, I., Masfingatin, T., Murtafiah, W., dan Widodo, S. A. 2019. based learning to increase creative thinking skill in mathematical Statistic. In *Journal of Physics: Conference Series*. 1188(1), 012042.
- Krutetskii, V.A. 1976. *The Psychology of Mathematical Abilities in Schoolchildren*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Kwan, Y.W. dan Wong, F.L. 2014. The constructivist classroom learning environment and its associations with critical thinking ability of secondary school students in liberal studies. *Learning Environments Research*, 17(2), 191–207.
- Loveless, A. 2002. *Literature review in creativity, new technologies and learning*. (hal-00190439)
- Munahefi, D. N., Kartono, Waluya, S. B., Dwijanto. 2020. ASPIRE model (analysis, scaffolding, project, investigation, reaction, and evaluation) for mathematical creative thinking ability. In *Journal of Physics: Conference Series*. 1567(2), 022099.
- Munahefi, D. N., Kartono, Waluya, B., Dwijanto 2022. Analysis of Self-Regulated Learning at Each Level of Mathematical Creative Thinking Skill. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 36, 580-601.

- Munandar, U. 1999. *Pengembangan Kreativitas Anak Berbakat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Noer, S. H. 2011. Kemampuan berpikir kreatif matematis dan pembelajaran matematika berbasis masalah Open-Ended. *Jurnal pendidikan matematika*, 5(1).
- Nohda, N. 2000. *Teaching by Open-Approach Method in Japanese Mathematics Classroom*.
- Octariani, D., dan Rambe, I. H. 2018. Pengembangan bahan ajar berbasis project based learning berbantuan software Geogebra. *MES: Journal of Mathematics Education and Science*. 4(1), 16-21.
- Pehkonen, E. 1997. The state-of-art in mathematical creativity. *ZDM–Mathematics Education*, 29(3), 63-67.
- Puspitasari, L., In'am, A., dan Syaifuddin, M. 2018. Analysis of students' creative thinking in solving arithmetic problems. *International Electronic Journal of Mathematics Education*. 14(1), 49-60.
- Ralph, R. A. 2016. Post secondary project-based learning in science, technology, engineering and mathematics. *Journal of Technology and Science Education*. 6(1), 26-35.
- Samsiyah, N., dan Rudyanto, H. E. 2015. Kemampuan Berpikir Kreatif Dalam Memecahkan Masalah Matematika Open-Ended Ditinjau Dari Tingkat Kemampuan Matematika Siswa Sekolah Dasar. *PEDAGOGIA: Jurnal Pendidikan*, 4(1), 23-33.
- Sariningsih, R., dan Herdiman, I. 2017. Mengembangkan kemampuan penalaran statistik dan berpikir kreatif matematis mahasiswa di Kota Cimahi melalui pendekatan open-ended. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*. 4(2), 239-246.
- Shriki, A. 2010. Working like Real Mathematicians: Developing Prospective Teachers Awareness of Mathematical Creativity through Generating New Concepts. *Educational Studies in Mathematics*. 73(2), 159–179.
- Silver, E. A. 1997. Fostering creativity through instruction rich in mathematical problem solving and problem posing. *ZDM - International Journal on Mathematics Education*. 29(3), 75–80.

- Sjahrifa, C. 2019. Pelatihan Leadership and Coaching untuk Meningkatkan Kemampuan Para Calon Pengajar Muda dalam Program Indonesia Mengajar. *Journal Of Sustainable Community Development (JSCD)*, 1(1), 18-23.
- Sriraman, B., dan Haavold, P. 2017. *Creativity and giftedness in mathematics education: A pragmatic view. In first compendium for research in mathematics education*. Reston: National Council of Teachers of Mathematics.
- Sriwongchai, A., Jantharajit, N., dan Chookhampaeng, S. 2015. Developing the Mathematics Learning Management Model for Improving Creative Thinking in Thailand. *International Education Studies*. 8(11), 77-87.
- Suherman, Prananda, M. R., Proboningrum, D. I., Pratama, E. R., dan Laksono, P. 2020. Improving higher order thinking skills (hots) with project based learning (pjbl) model assisted by Geogebra. In *Journal of Physics: Conference Series*. 1467(1), 012027.
- Tanujaya, B. 2016. Development of an Instrument to Measure Higher Order Thinking Skills in Senior High School Mathematics Instruction. *Journal of education and Practice*. 7(21), 144-148.
- Tandiseru, S.R. 2015. The effectiveness of local culture-based mathematical heuristic-KR learning towards enhancing students' creative thinking skill. *Journal of Education and Practice*. 6(12), 74-81.
- Tunca, N. 2015. The regression level of constructivist learning environment characteristics on classroom environment characteristics supporting critical thinking. *Eurasian Journal of Educational Research*. 60, 181-200.
- Tyagi, T. K. 2016. Mathematical Creativity and Mathematical Aptitude: A Cross-Lagged Panel Analysis. *Creativity Research Journal*. 28(3), 328-333.
- Ummah, S. K., In'am, A., & Azmi, R. D. (2019). Creating Manipulatives: Improving Students' Creativity through Project-Based Learning. *Journal on Mathematics Education*, 10(1), 93-102.

- Utari, dan Stiadi 2022. Pengaruh Model Team Based Project Berbantuan Aplikasi Geogebra Dan Youtube Pada Matakuliah Konstruksi Geometri Terhadap Hasil Belajar Mahasiswa. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Matematika Sekolah (JP2MS)*. 6(1), 128-135.
- Wijaya, T., Zhou, Y., Ware, A., dan Hermita, N. 2021. Improving the Creative Thinking Skills of the Next Generation of Mathematics Teachers Using Dynamic Mathematics Software. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (ijET)*. 16(13), 212-226.
- Yuniarti, Y., Kusumah, Y. S., Suryadi, D., dan Kartasmita, B. G. 2017. The effectiveness of open-ended problems based analytic-synthetic learning on the mathematical creative thinking ability of pre-service elementary school teachers. *International Electronic Journal of Mathematics Education*. 12(3), 655-666.