

Peningkatan Kemampuan Komunikasi Matematis Mahasiswa Melalui Inovasi Pembelajaran Berbasis Proyek

Agustiany Dumeva Putri^{1*}, Syutaridho², Retni Paradesa³, Muhammad Win Afgani⁴

^{1,2,3,4}Prodi Pendidikan Matematika, Universitas Islam Negeri Raden Fatah, Jl. K. H. Zainal Abidin Fikri KM 3.5, Kemuning, Palembang, Indonesia;

^{1*}agustianydumevaputri_uin@radenfatah.ac.id; ²syutaridho_uin@radenfatah.ac.id;

³retniparadesa_uin@radenfatah.ac.id; ⁴muhammadwinafgani_uin@radenfatah.ac.id

Info Artikel: Dikirim: 28 Januari 2019; Direvisi: 28 Februari 2018; Diterima: 19 Maret 2019

Cara sitasi: Putri, A. D., Syutaridho, A., Paradesa, R., & Afgani, M. W. (2019). Peningkatan Kemampuan Komunikasi Matematis Mahasiswa Melalui Inovasi Pembelajaran Berbasis Proyek. *JNPM (Jurnal Nasional Pendidikan Matematika)*, 3(1), 135-152.

Abstrak. Kemampuan komunikasi matematis merupakan kemampuan yang dibutuhkan siswa untuk menyampaikan ide-ide matematika. Namun, kemampuan ini belum optimal juga dicapai siswa pada jenjang perguruan tinggi. Oleh karena itu, Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji peningkatan kemampuan komunikasi matematis mahasiswa melalui inovasi pembelajaran berbasis proyek pada mata kuliah geometri transformasi. Inovasi tersebut melibatkan Geogebra dalam pembelajarannya. Penelitian ini menggunakan metode *quasi-experiment* dengan *nonequivalent pre-test and post-test control-group design*. Sampel dalam penelitian ini adalah 52 orang mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika pada salah satu universitas di Palembang. Berdasarkan pembelajaran, sampel dibedakan dalam dua kelas yaitu kelas eksperimen dan kelas kontrol. Kelas eksperimen diberikan inovasi pembelajaran berbasis proyek, sedangkan kelas kontrol diberikan pembelajaran konvensional. Dalam penelitian ini, data dikumpulkan melalui tes pengetahuan awal matematis, tes kemampuan komunikasi matematis, observasi dan wawancara. Data dianalisis menggunakan uji statistika parametric dan non-parametrik untuk data kuantitatif, sementara data kualitatif dianalisis secara deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kemampuan komunikasi matematis mahasiswa yang mendapat inovasi pembelajaran berbasis proyek lebih baik daripada mahasiswa yang mendapat pembelajaran konvensional.

Kata Kunci: Kemampuan Komunikasi Matematis, Pembelajaran Berbasis Proyek, Geometri Transformasi

Abstract. Mathematical communication ability was needed by students to share mathematics idea, but this ability was not optimal yet that is achieved by students at the university level. Therefore, this study aimed to investigate the improvement of mathematical communication ability of undergraduate students through the innovation of project-based learning on transformation geometry subject. The innovation involved GeoGebra in the learning process. This study used the quasi-experiment method with nonequivalent pre-test and post-test control group design. The sample was fifty-two undergraduate students majoring in mathematics education at one of the universities in Palembang. Based on the learning approach, the sample was distributed in two groups, an experiment and control. In this study, the data was collected through mathematical prior knowledge test, mathematical communication ability test, observation, and interview. The quantitative data were analyzed by using parametric and non-parametric statistics test, and qualitative data were analyzed descriptively. The result of this study showed that the improvement of mathematical communication ability of undergraduate students that was applied through innovation of project-based learning was better than undergraduate students that obtained conventional learning.

Keywords: Mathematical communication ability, Project based learning, Transformation geometry

Pendahuluan

Tujuan pembelajaran matematika adalah untuk mempersiapkan peserta didik mempunyai kompetensi memecahkan masalah, bernalar, berkomunikasi, mengaitkan ide, dan bersikap positif terhadap matematika (NCTM, 2000). Namun dari laporan *Trends in International Mathematics and Science Study* (TIMSS) pada tahun 2011, prestasi matematika siswa Indonesia berada pada peringkat ke 38 dari 42 negara peserta (Rosnawati, 2013). Laporan tersebut menunjukkan bahwa tujuan pembelajaran matematika belum tercapai. Ini artinya siswa Indonesia belum memiliki kompetensi seperti yang diharapkan oleh NCTM. Permasalahan demikian terjadi juga pada mahasiswa perguruan tinggi. Salah satu indikatornya adalah kemampuan matematis mahasiswa pada mata kuliah geometri transformasi belum optimal. Hasil penelitian Paradesa (2016) melaporkan bahwa kemampuan matematis mahasiswa pada mata kuliah tersebut masih dalam kategori cukup. Lebih khusus lagi, Paradesa dan Ningsih (2017) menyatakan bahwa kemampuan mahasiswa pada aspek komunikasi matematis yang dilihat dari kemampuan

memberikan bukti matematis berupa fakta dan data masih banyak yang mengalami kesulitan. Afgani, Suryadi, & Dahlan (2017) juga melaporkan bahwa mahasiswa pendidikan matematika kesulitan menjelaskan gagasan yang termuat dalam bahasa matematika. Tidak hanya itu, kesulitan kemampuan komunikasi matematis juga dialami oleh mahasiswa teknik. Kesulitan itu terlihat ketika mereka merasa tidak yakin atas jawaban yang disampaikan (Rahman, Yusof, Kashefi, & Baharun 2012).

Temuan yang dilaporkan Paradesa dan Ningsih (2017) terjadi pada mahasiswa yang mengikuti perkuliahan kalkulus. Walaupun begitu, hal tersebut dipertimbangkan karena perkuliahan kalkulus merupakan bagian pengetahuan awal mahasiswa sebelum mengikuti perkuliahan geometri transformasi yang mana materi pada kedua mata kuliah tersebut terdapat keterkaitan antar konsep, seperti fungsi. Menurut Martin (2000), permasalahan kalkulus terkait juga dengan konteks geometri. Fungsi dalam kalkulus terbagi menjadi tiga jenis, yaitu surjektif, injektif, dan bijektif. Dalam geometri transformasi, fungsi juga terbagi tiga jenis seperti pada kalkulus, tetapi berbeda dalam konteks elemen yang akan dipetakan. Pada kalkulus, elemen yang dilibatkan adalah bilangan riil, sementara pada geometri, elemen yang dilibatkan berupa titik.

Adanya keterkaitan antar konsep pada materi matematika menuntut mahasiswa untuk dapat menjelaskan hubungan dan pembedanya. Kemampuan ini merupakan bagian dari kemampuan komunikasi. Kemampuan berkomunikasi merupakan salah satu faktor yang memberikan kontribusi dan turut menentukan keberhasilan peserta didik dalam menyelesaikan masalah (Stacey, 2014). Dalam pembelajaran matematika, siswa tidak hanya diharapkan mampu menyampaikan gagasan-gagasan matematika secara tertulis, tetapi juga secara lisan. Gagasan atau bahasa matematika yang disampaikan secara lisan perlu didukung dengan bahasa tubuh seperti gerakan tangan untuk memperjelas maksud dari gagasan tersebut. Bahasa tubuh tersebut merupakan bagian dari komunikasi individu dengan individu lainnya. Bahasa tubuh menurut Hidayat (2010) digunakan untuk menambah penjelasan dari komunikasi yang disampaikan secara lisan. Ini artinya kemampuan komunikasi matematis merupakan kemampuan yang penting dikembangkan pada peserta didik, khususnya mahasiswa calon guru matematika yang akan menjadi guru matematika. Ini dikarenakan mereka akan mengimplementasikan pengetahuan matematika yang dimiliki kepada peserta didik. Oleh karena itu, inovasi dalam pembelajaran matematika perlu dikembangkan secara berkelanjutan untuk

meningkatkan kemampuan komunikasi matematis siswa ataupun mahasiswa.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk meningkatkan kemampuan komunikasi matematis siswa ataupun mahasiswa, diantaranya oleh Arifin (2016), Rais (2017) dan Sugilar (2017). Arifin (2016) melaporkan bahwa nilai rata-rata kemampuan komunikasi matematis mahasiswa setelah diterapkan pendekatan *Contextual Teaching and Learning* adalah 76,46 yang mana hanya 49,57% mahasiswa mampu memberikan argumentasi dalam mempertahankan pendapat. Sementara itu, Rais (2017) dan Sugilar (2017) juga melaporkan capaian kemampuan komunikasi matematis siswa tidak berbeda jauh dengan capaian yang dilaporkan Arifin (2016), yakni 75,40 dan 77,43. Ini menunjukkan capaian kemampuan komunikasi matematis siswa tidak mengalami perubahan yang sangat signifikan. Laporan-laporan tersebut mengarahkan bahwa hasil yang diharapkan masih belum memuaskan. Ini artinya model atau metode pembelajaran yang telah mereka terapkan masih belum tepat dalam meningkatkan kemampuan komunikasi matematis. Untuk itu, penelitian ini dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan menerapkan model pembelajaran yang inovatif. Model pembelajaran yang berpotensi meningkatkan kemampuan matematis siswa adalah pembelajaran berbasis proyek. Ini dikarenakan pembelajaran tersebut memberikan pengaruh terhadap kemampuan penalaran matematis siswa (Nathalia, Sedanayasa, & Japa, 2015), komunikasi matematis siswa (Mu'in, dkk., 2016 dan Maudi, 2016), meningkatkan kemampuan berpikir kritis mahasiswa (Effendi, 2017), dan menumbuhkan kemampuan berpikir kreatif matematis mahasiswa (Anita, 2017).

Model pembelajaran berbasis proyek telah diamanahkan dalam Permenristekdikti no 44 tahun 2015 pada pasal 14. Model pembelajaran ini melibatkan kerja proyek dimana peserta didik bekerja secara mandiri dalam mengkonstruksi pembelajarannya dan mengkulminasikannya dalam produk nyata (Hanafiah dan Suhana, 2009). Prinsip pembelajaran berbasis proyek menurut Thomas (Wena, 2011) adalah mengkaji konsep yang spesifik, menuntun untuk memahami, menginvestigasi, bebas berkreativitas, dan memproduksi proyek yang nyata. Dalam proses pembelajaran, siswa baik secara individu atau kelompok diminta pertanggungjawaban atas proyek mandiri yang dibuat dengan cara mempresentasikannya di dalam kelas. Menurut Winastiawan dan Sunarto (2010) serta Sani (2014), tanggung jawab dan mandiri merupakan bagian dari karakteristik model pembelajaran berbasis proyek. Kegiatan pertanggungjawaban tersebut dilakukan untuk melihat kemampuan komunikasi matematis mereka secara tertulis dan lisan.

Secara tertulis, kemampuan komunikasi dilihat ketika mereka menguraikan penjelasan bagian dari proyek di papan tulis, sedangkan secara lisan, ketika mereka menjelaskan bahasa matematika beserta argumentasinya. Sementara itu, kemampuan komunikasi siswa yang lain dilihat dari komentar mereka atas proyek dan presentasi teman yang memaparkan. Untuk lebih berinovasi, proyek yang ditugaskan pada mahasiswa dalam penelitian ini yaitu berupa desain materi geometri transformasi dengan *GeoGebra*. Menurut Seechaliao (2017), strategi pembelajaran yang menggunakan media teknologi merupakan bagian dari inovasi dalam pembelajaran.

GeoGebra dapat dimanfaatkan sebagai media untuk mengkonstruksi, mendemonstrasikan dan memvisualisasikan konsep-konsep matematika. Menurut Afgani (2016), software aplikasi matematika mampu memvisualisasikan suatu konsep matematika secara dinamis. Pemanfaatan software tersebut memungkinkan terciptanya ide-ide kreatif dari mahasiswa, ketika mengkonstruksi definisi atau teorema yang ada dalam materi geometri transformasi. Program *GeoGebra* yang merupakan salah satu software aplikasi matematika yang dapat memungkinkan visualisasi sederhana dari konsep geometris yang kompleks. Selain itu, software ini dapat menunjukkan hubungan antara bentuk-bentuk geometri (Williams, et al., 2017). Fitur-fiturnya dapat secara efektif membantu peserta didik dalam mengajukan berbagai konjektur matematika. Putz (Rahman, 2010) menambahkan ketika peserta didik menggunakan *GeoGebra*, mereka akan berakhir dengan pemahaman yang lebih mendalam pada materi geometri. Selain itu, Afgani (2016) mengungkapkan bahwa *GeoGebra* mampu mengkonstruksi konsep geometri dengan hanya menggunakan *tools* yang tersedia. Tidak demikian dengan Maple, pengguna harus menuliskan bahasa program terlebih dahulu yang mungkin daftar *syntax*-nya tidak sedikit.

Integrasi software aplikasi *GeoGebra* dalam pembelajaran berbasis proyek merupakan inovasi yang akan membantu mahasiswa mengkonstruksi proyek geometri transformasi. Dari hasil tugas proyek tersebut, kemampuan yang dimungkinkan akan meningkat, tidak hanya kemampuan matematis, tetapi juga keterampilan dan keahlian dalam mendemonstrasikan fitur-fitur yang ada dalam *GeoGebra*, sehingga keahlian itu dapat digunakan saat mengajar matematika suatu saat nanti. Horzum and Unlu (2017) melaporkan bahwa *GeoGebra* akan berguna pada karir profesional mahasiswa calon guru matematika nantinya.

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, inovasi pembelajaran berbasis proyek yang menugaskan mahasiswa terlebih dahulu menghasilkan suatu

produk visualisasi dari materi geometri transformasi melalui *GeoGebra* dan kemudian mempertanggungjawabkannya kepada teman-temannya di kelas sehingga memungkinkan terjadinya diskusi memberikan dugaan bahwa pembelajaran tersebut dapat meningkatkan kemampuan komunikasi matematis mahasiswa calon guru matematika. Oleh karena itu, penelitian ini berusaha menjawab dugaan tersebut dengan rumusan masalah apakah terdapat peningkatan kemampuan komunikasi matematis mahasiswa melalui penerapan inovasi pembelajaran berbasis proyek?.

Metode

Penelitian ini menggunakan metode quasi-experiment dengan disain *Nonequivalent Pre-Test and Post-Test Control-Group Design*. Variabel dalam penelitian ini terdiri dari variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. Variabel bebasnya adalah pembelajaran berbasis proyek. Variabel terikatnya adalah kemampuan komunikasi matematis (KKM). Variabel kontrolnya adalah pengetahuan awal mahasiswa (PAM) yang terdiri dari tiga kategori yaitu, kategori PAM rendah, PAM sedang, dan PAM tinggi. PAM dipertimbangkan sebagai variabel kontrol karena pengetahuan awal mempengaruhi hasil belajar siswa secara signifikan (Hailikari, Katajavuori, & Lindblom-Ylänne, 2008) dan menurut Fry, Ketteridge, and Marshall. (2009), konsep awal akan digunakan untuk memahami konsep lanjutan. Pengetahuan awal mahasiswa diperoleh dari hasil tes yang materinya merupakan materi prasyarat dari mata kuliah Geometri Transformasi. Variabel terikat dikaji secara lebih komprehensif, ditinjau dari pembelajaran, PAM, dan keseluruhan mahasiswa.

Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *purposive sampling*. Sampel dalam penelitian ini adalah 52 orang mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika pada salah satu universitas di Palembang. Berdasarkan pembelajaran, sampel dibedakan dalam dua kelas yaitu kelas eksperimen dan kelas kontrol. Kelas eksperimen yang terdiri dari 26 mahasiswa diberikan inovasi pembelajaran berbasis proyek, sedangkan sisanya berada di kelas kontrol yang diberikan pembelajaran konvensional, yakni pembelajaran yang berpusat pada guru dimana pembelajaran ini menekankan pada metode ceramah dalam penyampaian materinya.

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan tes, observasi, dan wawancara. Tes digunakan untuk mengetahui dan mengevaluasi kemampuan matematis mahasiswa. Dalam penelitian ini, ada 2 macam tes yang digunakan yaitu: tes pengetahuan awal matematis (TPAM) dan tes kemampuan komunikasi matematis (TKKM). Item TPAM sebanyak 4 soal

yang diadopsi dari Octaria (2013) yang telah diuji validitas dan realibilitasnya. Untuk TKKM, Soalnya disusun dalam bentuk tes uraian yang terdiri dari 3 soal. Indikator KKM dalam penelitian ini mengikuti standar komunikasi menurut NCTM (2000), yaitu:

1) menuliskan ide-ide, situasi-situasi, alasan-alasan atau relasi-relasi dalam menyelesaikan masalah matematis. Soal yang diberikan, yaitu sebagai berikut:

Bagaimana perubahan $p(-3,0)$ menjadi $p''(4,-3)$ dan jelaskan

2) menggunakan bahasa matematika untuk menyatakan ide-ide matematis secara tepat. Soal yang diberikan, yaitu sebagai berikut:

Diberikan $f(x, y) = (2x, 3 - 2y)$, buktikan bahwa f suatu transformasi

3) menggunakan istilah tabel, grafik, diagram, notasi, atau rumus matematika dengan tepat. Soal yang diberikan, yaitu sebagai berikut:

Tentukanlah bayangan parabola $y = x^2 - 4x + 3$ oleh pencerminan terhadap garis $y = 4$ dan $x = -2$. Lukislah bayangan parabola tersebut.

Hasil uji reliabilitas dan validitas TKKM menunjukkan instrumen TKKM valid dan reliable dengan $r_{11} = 0,834$. Sementara itu, observasi digunakan untuk mengamati kemampuan komunikasi matematis mahasiswa secara lisan selama proses pembelajaran berbasis proyek yang kemudian diperdalam melalui wawancara.

Data dalam penelitian ini dianalisis secara kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif diperoleh melalui TPAM dan TKKM yang dilakukan sebelum (*pre-test*) dan sesudah (*post-tes*) kegiatan pembelajaran. Data kualitatif diperoleh melalui hasil pekerjaan mahasiswa, foto, serta observasi. Untuk mengetahui besarnya peningkatan KKM pada kelas eksperimen dan kelas kontrol, analisis data menggunakan formula *n-gain* (<g>) dari Hake (1999). Selanjutnya, data kuantitatif dianalisis secara statistik parametrik atau non-parametrik, sedangkan data kualitatif dianalisis secara deskriptif.

Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini, gambaran kualitas kemampuan komunikasi matematis mahasiswa calon guru matematika pada mata kuliah geometri transformasi yang mendapatkan Inovasi Pembelajaran Berbasis Proyek (IPBP) dan Pembelajaran Konvensional (PK) diuraikan secara deskriptif dan diuji lanjut menggunakan uji statistika inferensial. Secara statistik deskriptif, hasil penelitian menunjukkan bahwa secara keseluruhan mahasiswa yang mendapatkan PBP menunjukkan peningkatan KKM yang lebih tinggi daripada mahasiswa yang mendapatkan PK. Hasil tersebut didukung pula oleh rerata postesnya. Hasilnya memperlihatkan bahwa mahasiswa yang mendapatkan inovasi pembelajaran berbasis proyek menunjukkan rerata postes yang lebih besar daripada mahasiswa yang mendapatkan

pembelajaran konvensional. Selain itu, rerata *n-gain* keseluruhan mahasiswa yang mendapatkan inovasi pembelajaran berbasis proyek sebesar 0,62 sedangkan *n-gain* mahasiswa yang mendapatkan pembelajaran konvensional sebesar 0,44. Berikut ini Statistik deskriptif data KKM mahasiswa yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Data KKM Mahasiswa

Kelompok PAM	IPBP					PK				
	N	Stat.	Pretes	Postes	<g>	N	Stat.	Pretes	Postes	<g>
Keseluruhan	26	\bar{x}	1.81	5.42	0.62	26	\bar{x}	5.38	6.73	0.44
		s	1.81	1.81	0.31		s	1.77	1.99	0.74
Tinggi	9	\bar{x}	3.63	7.11	0.96	9	\bar{x}	6.00	8.00	0.65
		s	1.66	1.69	0.63		s	2.06	1.73	1.07
Sedang	9	\bar{x}	1.20	5.20	0.60	9	\bar{x}	5.00	5.89	0.21
		s	0.79	0.79	0.17		s	1.58	1,83	0.31
Rendah	8	\bar{x}	0.29	3.57	0.27	7	\bar{x}	5.13	6.25	0.19
		s	0.76	0.79	0.56		s	1.64	1.91	0.69

Keterangan: Skor Maksimal Ideal 16

Untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan peningkatan KKM mahasiswa yang mendapatkan inovasi pembelajaran berbasis proyek dan mahasiswa yang mendapatkan pembelajaran konvensional, baik ditinjau secara keseluruhan maupun berdasarkan pembelajaran dan kelompok PAM diajukan hipotesis berikut:

Hipotesis 1:

Ada perbedaan peningkatan KKM antara mahasiswa yang mendapat IPBP dengan mahasiswa yang mendapat PK ditinjau secara keseluruhan.

Hipotesis 2:

Ada perbedaan peningkatan KKM antara mahasiswa yang mendapat IPBP dengan mahasiswa yang mendapat PK ditinjau dari PAM tinggi.

Hipotesis 3:

Ada perbedaan peningkatan KKM antara mahasiswa yang mendapat IPBP dengan mahasiswa yang mendapat PK ditinjau dari PAM sedang.

Hipotesis 4:

Ada perbedaan peningkatan KKM antara mahasiswa yang mendapat IPBP dengan mahasiswa yang mendapat PK ditinjau dari PAM rendah.

Sebelum keempat hipotesis tersebut diuji, uji prasyarat analisis dilakukan terlebih dahulu, yaitu uji normalitas data dan uji homogenitas varians. Hasil uji prasyarat melaporkan bahwa data peningkatan KKM pada kelas yang

diterapkan IPBP dan PK ditinjau secara keseluruhan berdistribusi tidak normal, sedangkan secara kelompok PAM menunjukkan sebaliknya. Selanjutnya, hasil uji homogenitas antara kelas yang diterapkan IPBP dan PK ditinjau secara kelompok PAM Sedang menunjukkan varians antar kelompok data tidak homogen, sedangkan pada dua kelompok PAM lainnya menunjukkan sebaliknya. Ini artinya untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan peningkatan KKM antara kedua faktor pembelajaran (IPBP dan PK) ditinjau secara kelompok PAM tinggi dan rendah dilakukan dengan menggunakan uji-*t*. Sementara itu, uji perbedaan peningkatan KKM antara kedua faktor pembelajaran (IPBP dan PK) ditinjau secara keseluruhan dan kelompok PAM sedang dapat dilakukan dengan menggunakan uji Mann-Whitney U. Ringkasan hasil uji perbedaan peningkatan KKM antara kedua faktor pembelajaran dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Uji Perbedaan Peningkatan KKM berdasarkan Faktor Pembelajaran dan Kelompok PAM

Kelompok PAM	Pembelajaran	Uji Statistik	Mean/ Mean Rank	Sig.	H ₀
Keseluruhan	IPBP	Uji Mann-Whitney U	33,02	0,002	Ditolak
	PK		19,98		
Tinggi	IPBP	Uji t	0,95	0,457	Diterima
	PK		0,64		
Sedang	IPBP	Uji Mann-Whitney U	13,67	0,003	Ditolak
	PK		5,94		
Rendah	IPBP	Uji t	0,27	0,033	Ditolak
	PK		0,19		

Berdasarkan Tabel 2 di atas, hasil analisis uji perbedaan peningkatan KKM antara mahasiswa yang mendapatkan IPBP dan mahasiswa yang mendapatkan PK menunjukkan H₀ diterima hanya pada mahasiswa kelompok PAM tinggi, sedangkan lainnya H₀ ditolak. Hasil ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Ada perbedaan peningkatan KKM antara mahasiswa yang mendapatkan IPBP dengan mahasiswa yang mendapat PK ditinjau secara keseluruhan.
2. Tidak ada perbedaan peningkatan KKM antara mahasiswa yang mendapat IPBP dengan mahasiswa yang mendapat PK ditinjau dari PAM tinggi.
3. Ada perbedaan peningkatan KKM antara mahasiswa yang mendapat IPBP dengan mahasiswa yang mendapat PK ditinjau dari PAM sedang.
4. Ada perbedaan peningkatan KKM antara mahasiswa yang mendapat IPBP dengan mahasiswa yang mendapat PK ditinjau dari PAM rendah.

Hasil penelitian yang telah diuraikan di atas menunjukkan bahwa peningkatan kemampuan komunikasi matematis pada mahasiswa yang mendapatkan inovasi pembelajaran berbasis proyek lebih baik daripada mahasiswa yang mendapatkan pembelajaran konvensional ditinjau secara keseluruhan, kelompok PAM sedang dan rendah. Hal ini berarti bahwa inovasi pembelajaran berbasis proyek memberikan pengaruh terhadap peningkatan kemampuan komunikasi matematis mahasiswa. Dengan kata lain, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa inovasi pembelajaran berbasis proyek secara signifikan lebih baik dalam meningkatkan kemampuan komunikasi matematis dibandingkan pembelajaran konvensional. Ditinjau secara keseluruhan, hasil penelitian ini mendukung hasil penelitian sebelumnya, yakni pembelajaran berbasis proyek berpengaruh terhadap kemampuan penalaran matematis (Nathalia, Sedanayasa, & Japa, 2015), komunikasi matematis (Mu'in, dkk., 2016 dan Maudi, 2016), berpikir kritis (Effendi, 2017), dan berpikir kreatif matematis (Anita, 2017).

Ada temuan yang unik dalam penelitian ini. Temuan tersebut memperlihatkan tidak ada perbedaan peningkatan KKM antara mahasiswa yang mendapat IPBP dengan mahasiswa yang mendapat PK dilihat dari kelompok PAM tinggi. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian dari (Fikriyah dan Gani, 2015) yang menyimpulkan bahwa model pembelajaran berbasis proyek disertai media audio-visual tidak berpengaruh signifikan terhadap hasil belajar siswa pada kelompok kemampuan tinggi. Hasil analisa terhadap rekaman video saat proses pembelajaran memberikan gambaran tentang penyebab terjadinya fenomena unik ini. Berdasarkan hasil observasi saat perwakilan kelompok yang terdiri dari mahasiswa kelompok PAM tinggi, sedang, dan rendah mempresentasikan hasil proyek mereka, mereka menghasilkan proyek visualisasi teorema dalam materi geometri transformasi yang masih sederhana dan belum memberikan visualisasi yang lebih kompleks. Setelah ditindaklanjuti dengan wawancara terhadap mahasiswa kelompok PAM tinggi, dia mengungkapkan bahwa proyek dibuat sederhana mengikuti contoh yang ada pada buku teks dan membutuhkan waktu yang lama ketika menjelaskannya kepada teman-teman sekelompok. Hasil observasi dan wawancara ini disandingkan dengan hasil pengamatan di kelas kontrol. Ketika mahasiswa kelompok PAM tinggi yang mendapat pembelajaran konvensional ditugaskan merepresentasikan suatu teorema, dia dapat menjelaskan teorema tersebut dengan menggambarannya di papan tulis mengikuti contoh yang ada di buku teks. Ini artinya visualisasi teorema mengikuti contoh dapat dikonstruksi dengan mudah oleh mahasiswa PAM tinggi meskipun tanpa bantuan *GeoGebra*.

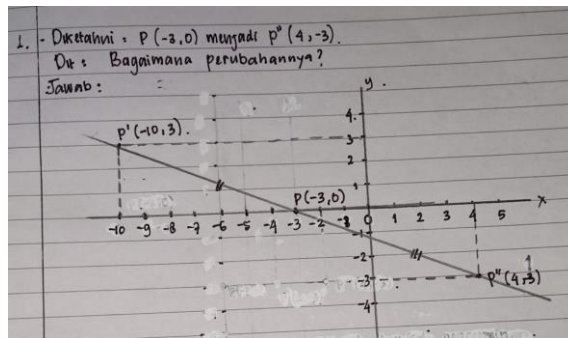
Fenomena demikian diduga menjadi penyebab kemampuan komunikasi matematis mahasiswa pada kelompok PAM tinggi di kelas eksperimen dan kontrol menunjukkan tidak ada perbedaan peningkatan yang signifikan.

Ditinjau dari mahasiswa kelompok PAM sedang dan rendah, ada perbedaan peningkatan KKM antara mahasiswa di kedua kelas. Hasil observasi mengungkapkan bahwa mahasiswa kelompok PAM sedang dan rendah dapat mengikuti penjelasan yang dikomunikasikan oleh mahasiswa kelompok PAM tinggi. Ketika mahasiswa kelompok PAM sedang dan rendah ditugaskan untuk memberikan contoh lain, mereka dapat merancang dengan *GeoGebra* dengan panduan dari mahasiswa kelompok PAM tinggi. Pembelajaran dalam bentuk kerja kelompok membuat siswa berinteraksi dan menjelaskan satu dengan lainnya (Webb, 1991). Hal demikian sulit terjadi di kelas yang diberikan pembelajaran konvensional, karena mereka harus menggambar dengan langkah yang banyak mulai dari menggambar koordinat kartesius sampai dengan menggambarkan suatu persamaan yang membutuhkan beberapa pasangan titik yang memungkinkan untuk merepresentasikan persamaan tersebut, sehingga waktu untuk diskusi menjadi berkurang. Selain itu juga, ketika mahasiswa kelompok PAM tinggi menjelaskan hasil representasinya kepada mereka yang kelompok PAM dibawahnya hanya mengkomunikasikannya secara lisan dengan sedikit tulisan, karena area papan tulis telah digunakan sebagian untuk menampilkan geometri suatu transformasi.

Untuk melihat kemampuan komunikasi matematis mahasiswa secara tertulis, penelitian ini menganalisis hasil pekerjaan mahasiswa ketika menyelesaikan soal-soal posttes. Dilihat dari hasil pekerjaan mahasiswa, soal yang digunakan untuk mengukur kemampuan mahasiswa dalam menuliskan ide-ide, situasi-situasi, alasan-alasan atau relasi-relasi dalam menyelesaikan masalah matematis, yakni sebagai berikut: *bagaimana perubahan $p(-3,0)$ menjadi $p''(4,-3)$ dan jelaskan.*

Ini merupakan indikator pertama yang digunakan untuk melihat kemampuan komunikasi matematis mahasiswa secara tertulis. Untuk menjawab soal tersebut, mahasiswa memerlukan pemahaman bahwa titik p ditransformasi sebanyak dua kali. Soal ini memberikan kemungkinan banyak jawaban. Jenis transformasi yang diberikan dapat berupa refleksi-refleksi terhadap persamaan garis yang ragam. Ini memperlihatkan soal tersebut bersifat terbuka. Salah satu mahasiswa memberikan jawaban dengan cara membuat sinar garis dari titik p'' ke p kemudian mencari titik p' dengan cara menggunakan rumus titik tengah $(x_p, y_p) = ((x_{p'}+y_{p'})/2,$

$(x_{p''}+y_{p''})/2$). Ini menunjukkan bahwa situasi yang di digambarkan untuk menyelesaikan masalah pada soal tersebut tidak relevan, yang berarti bahwa mahasiswa tersebut masih mengalami kesulitan dalam menjawabnya. Menurut Ramdhani, Usodo, & Subanti (2017), siswa tidak mampu menuliskan gagasan-gagasan matematika dengan benar, karena dia kurang memahami konsepnya. Contoh hasil pekerjaan mahasiswa yang membuat kekeliruan tersebut dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Kekeliruan jawaban mahasiswa pada indikator 1

Dari 26 mahasiswa di kelas eksperimen, hanya 3,85 %-nya yang mencapai indikator 1, sementara di kelas kontrol, sama seperti di kelas eksperimen, hanya 3,85 % dari 26 mahasiswa yang mencapai indikator 1. Ini menunjukkan bahwa mahasiswa di kedua kelas masih banyak mengalami kesulitan dalam menyelesaikan soal terbuka. Temuan ini mendukung hasil penelitian Syutaridho (2015) yang mengamati siswa SMP dalam menyelesaikan soal terbuka. Rendahnya persentase pencapaian indikator pertama pada kelas yang diterapkan IPBP diduga terkait belum munculnya kreatifitas mahasiswa dalam mengerjakan proyek yang menampilkan hanya satu representasi contoh dari suatu teorema.

Untuk melihat apakah mahasiswa mampu menggunakan bahasa matematika untuk menyatakan ide-ide matematis secara tepat, soal yang digunakan yaitu sebagai berikut:

Diberikan $f(x, y) = (2x, 3 - 2y)$, buktikan bahwa f suatu transformasi

Ini merupakan indikator kedua yang digunakan untuk melihat kemampuan komunikasi mahasiswa secara tertulis. Untuk menjawab soal tersebut, mahasiswa harus memahami bahasa matematika dari $f(x, y) = (2x, 3 - 2y)$ untuk menyatakan ide dari $f(x, y)$ merupakan suatu transformasi. Terlebih dahulu, mereka harus membuktikan bahwa fungsi tersebut fungsi bijektif. Jika mereka mampu menunjukkannya, maka ide bahwa f bijektif dapat digunakan untuk memberikan argumentasi bahwa f suatu transformasi.

Temuan dari analisa hasil pekerjaan mahasiswa memperlihatkan jawaban yang menggunakan konsep hasil kali transformasi, padahal jawaban yang dibutuhkan belum sampai konsep tersebut. Selain itu juga, penerapan konsep hasil kali transformasi melibatkan dua transformasi, sementara kebutuhan dalam menjawab soal hanya membuktikan bahwa f suatu transformasi. Kesalahan ini diduga karena mereka hanya mengingat materi-materi terakhir yang dipelajari, sedangkan soal tersebut terkait dengan materi awal perkuliahan. Ini artinya mereka tidak memahaminya, karena menurut Klemm (2007), siswa tidak dapat menerapkan apa yang dipahami, jika ia tidak mengingatnya. Dari 26 sampel di kelas eksperimen, 26,92% mahasiswa mampu memenuhi indikator, sedangkan di kelas kontrol, hanya 3,85% dari 26 mahasiswa yang memenuhi.

Untuk mengetahui apakah mahasiswa mampu menggunakan istilah tabel, grafik, diagram, notasi, atau konsep dengan tepat, soal yang digunakan yakni sebagai berikut:

Tentukanlah bayangan parabola $y = x^2 - 4x + 3$ oleh pencerminan terhadap garis $y = 4$ dan $x = -2$. Lukislah bayangan parabola tersebut.

Ini merupakan indikator ketiga yang digunakan untuk mengukur kemampuan komunikasi matematis mahasiswa secara tertulis. Untuk melukis bayangan suatu parabola yang dicerminkan dua kali, mahasiswa harus mampu melukiskan parabola tersebut terlebih dahulu dengan baik pada bidang koordinat kartesius. Untuk mencerminkannya pada satu garis atau lebih, mereka membutuhkan minimal 3 titik yang salah satunya harus titik ekstrim. Istilah titik ekstrim adalah titik puncak suatu parabola yang terbuka ke bawah ataupun kebalikannya. Temuan dari hasil penelitian didapat bahwa masih banyak mahasiswa melakukan kesalahan dalam menentukan titik ekstrim, mereka diantaranya menggunakan formula $-b/4a$ yang seharusnya $-D/4a$ yang mana D merupakan diskriminan dari persamaan parabola. Kekeliruan ini, menurut Radatz (1980), disebabkan penerapan aturan yang tidak sesuai. Dari 26 mahasiswa di kelas eksperimen, 38,46% dari mereka yang memenuhi indikator ketiga. Sementara itu, dari 26 mahasiswa di kelas kontrol, 15,38%-nya yang memenuhi.

Hasil analisis dari hasil pekerjaan mahasiswa dalam menjawab ketiga soal seperti yang diuraikan di atas menunjukkan kurang dari 50% mahasiswa masih mengalami kesulitan dalam menyelesaikan persoalan-persoalan geometri transformasi, baik di kelas eksperimen ataupun kontrol. Ini juga menunjukkan kemampuan komunikasi matematis mahasiswa pada mata kuliah geometri transformasi masih belum berkembang dengan baik, jika

dilihat dalam kurun waktu satu semester. Selain itu, dilihat dari faktor pembelajaran, peningkatan kemampuan komunikasi matematis mahasiswa calon guru matematika yang mendapat inovasi pembelajaran berbasis proyek masih belum optimal karena dalam pelaksanaannya masih ditemukan beberapa kendala. Hal ini terlihat rerata skor peningkatan secara keseluruhan berada dalam kategori sedang. Untuk itu, pembelajaran berbasis proyek perlu dikembangkan lebih inovatif dengan mempertimbangkan temuan-temuan dalam penelitian ini.

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan seperti yang telah dikemukakan sebelumnya, tim peneliti menyimpulkan bahwa peningkatan kemampuan komunikasi matematis mahasiswa yang mendapatkan inovasi pembelajaran berbasis proyek lebih baik daripada mahasiswa yang mendapatkan pembelajaran konvensional ditinjau secara keseluruhan, kelompok PAM sedang dan rendah, namun tidak pada mahasiswa kelompok PAM tinggi. Oleh karena itu, tim peneliti menyarankan pembelajaran berbasis proyek dikembangkan lebih inovatif yang mana tugas proyek pada mahasiswa dirancang untuk menjawab bagaimana mengkonstruksi suatu teorema atau definisi melalui beberapa contoh induktif yang kemudian dapat dibuktikan secara deduktif.

Ucapan Terima Kasih

Tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada LP2M UIN Raden Fatah yang telah memberikan bantuan data sehingga penelitian ini dapat diselesaikan. Tim peneliti juga mengucapkan terima kasih kepada Dr. Nyiyayu Fahriza Fuadiah, M.Pd. yang berkenan menjadi Narasumber dalam memberikan masukan dan kritikan sehingga laporan hasil penelitian ini menjadi lebih baik. Selain itu, tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung kegiatan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Afgani, M. W. (2016). Pemecahan Masalah dan Menanam Pemahaman Konsep Matematika melalui Software Maple. *Jurnal Pendidikan Matematika RAFA*, 2(1), 85 – 103.
- Afgani, M. W., Suryadi, D., and Dahlan, J. A. (2017). Analysis of Undergraduate Students' Mathematical Understanding Ability of the Limit of Function Based on APOS Theory Perspective. *Journal of Physics: Conference Series*, 895, 012056.

- Anita, I. W. (2017). Implementasi Pembelajaran Berbasis Proyek untuk Menumbuhkan Kemampuan Berpikir Kreatif Matematis Mahasiswa. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran Matematika*, 10(1), 125 – 131.
- Arifin, S. (2016). Penerapan Pendekatan *Contextual Teaching and Learning* untuk Melihat Kemampuan Komunikasi Matematis Mahasiswa Semester Awal Pendidikan Matematika UIN Raden Fatah. *Jurnal Pendidikan Matematika RAFA*, 2(2), 142 – 160.
- Effendi, M. (2017). Pembelajaran Berbasis Proyek untuk Mengembangkan Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa PGMI IAIN Ponorogo. *Cendekia*, 15(2), 305 – 318.
- Fikriyah, M., & Gani, A. A. (2015). Model Pembelajaran Berbasis Proyek (Project Based Learning) Disertai Media Audio-Visual Dalam Pembelajaran Fisika Di SMAN 4 Jember. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 4(2), 181-186.
- Fry, H., Ketteridge, S., and Marshall, S. (2009). *A Handbook for Teaching and Learning in Higher Education: Enhancing Academic Practice*. 3rd Edition. New York and London: Routledge Taylor & Francis Group.
- Hailikari, T., Katajavuori, N., & Lindblom-Ylänne, S. (2008). The relevance of prior knowledge in learning and instructional design. *American journal of pharmaceutical education*, 72(5), 113, 1-8.
- Hake, R. R. (1999). *Analyzing Change/Gain Scores*. Tersedia di <http://www.physics.indiana.edu/~sdi/AnalyzingChange-Gain.pdf>
- Hanafiah, Nanang. dan Cucu, Suhana. (2009). *Konsep Strategi Pembelajaran*. Bandung: Refika Aditama.
- Hidayat, A. (2010). Bahasa Tubuh: Tanda dalam Sistem Komunikasi. *Komunika: Jurnal Dakwah dan Komunikasi*, 4(2), 224 – 234.
- Horzum, T. and Unlu, M. (2017). PreService Mathematics Teachers' Views About Geogebra and Its Use. *Acta Didactica Napocensia*, 10(3), 77 - 89.
- Klemm, W. R. (2007). What Good Is Learning If You Don't Remember It?. *The Journal of Effective Teaching*, 7(1), 61 - 73.

- Martin, T. (2000). Calculus Students' Ability to Solve Geometric Related-Rates Problems. *Mathematics Education Research Journal*, 12(2), 74 - 91.
- Maudi, N. (2016). Implementasi Model Project Based Learning untuk Meningkatkan Kemampuan Komunikasi Matematis Siswa. *Jurnal Pendidikan Matematika Indonesia*, 1(1), 39 -43.
- Mu'in, A., Suratman, D. dan Hartoyo, A. (2016). Pembelajaran dengan Pendekatan Project Based Learning dan Pengaruhnya terhadap Kemampuan Komunikasi dan Disposisi Matematis Siswa di SMA. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 5(6), 1 – 12.
- Nathalia, K. I., Sedanayasa, G. dan Japa, I G. N. (2015). Pengaruh Model Pembelajaran Berbasis Proyek terhadap Hasil Belajar Matematika ditinjau dari Kemampuan Penalaran Operasional Konkret. *Jurnal PGSD Universitas Pendidikan Ganesha*, 3(1), 1 – 10.
- National Council of Teachers of Mathematics . (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston, VA: NCTM.
- Octaria, D. (2013). Kemampuan Berpikir Logis Mahasiswa Pendidikan Matematika Universitas PGRI Palembang pada Mata Kuliah Geometri Analitik. *Jurnal Pendidikan Matematika RAFA*, 3(2), 181 – 194.
- Paradesa, R. (2016). Pengembangan Bahan Ajar Geometri Transformasi Berbasis Visual. *Jurnal Pendidikan Matematika RAFA*, 2(1), 56 – 84.
- Paradesa, R. dan Ningsih, Y. L. (2017). Pembelajaran Matematika Berbantuan MAPLE pada Mata Kuliah Kalkulus Integral terhadap Kemampuan Komunikasi Matematis Mahasiswa. *Jurnal Pendidikan Matematika RAFA*, 3(1), 70 – 81.
- Radatz, H. (1980). Students' errors in the mathematical learning process: a survey. *For the learning of Mathematics*, 1(1), 16-20.
- Rahman, A. (2010). *Panduan Pelaksanaan Administrasi Pajak: Untuk Karyawan, Pelaku Bisnis Dan Perusahaan*. Bandung: Nuansa.
- Rahman, R. A., Yusof, Y. M., Kashefi, H., and Baharun, S. (2012). Developing Mathematical Communication Skills of Engineering Students. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 46, 5541 - 5547.

- Rais, D. (2017). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Matematika Berbasis Missouri Mathematics Project untuk Meningkatkan Kemampuan Komunikasi Matematis Peserta Didik Kelas X SMA/MA. *JNPM (Jurnal Nasional Pendidikan Matematika)*, 1(2), 189 – 205.
- Ramdhani, M. R., Usodo, B., and Subanti, S. (2017). Student's Mathematical Understanding Ability Based on Self-Efficacy. *Journal of Physics: Conference Series*, 909, 012065.
- Rosnawati, R. (2013). Kemampuan penalaran matematika siswa SMP Indonesia pada TIMSS 2011. In *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta* (Vol. 18).
- Sani, A. Ridwan. (2014). *Pembelajaran saintifik untuk kurikulum 2013*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Seechaliao, T. (2017). Instructional Strategies to Support Creativity and Innovation in Education. *Journal of Education and Learning*, 6(4), 201 - 208.
- Stacey, K. (2014). The PISA view of mathematical literacy in Indonesia. *Journal on Mathematics Education*, 2(2), 95-126.
- Sugilar, H. (2017). Daya Matematis Mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika. *JNPM (Jurnal Nasional Pendidikan Matematika)*, 1(1), 97 – 108.
- Syutaridho. (2015). Pengembangan Soal Open-Ended pada Pokok Bahasan Phytahoras. *Jurnal Pendidikan Matematika RAFA*, 1(1), 117-138.
- Webb, N. M. (1991). Task-Related Verbal Interaction and Mathematics Learning in Small Groups. *Journal for Research in Mathematics Education*, 22(5), 366 - 389.
- Wena, M. (2011). *Strategi Pembelajaran Inovatif Kontemporer*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Williams, C., Charles-Ogan, G. dan Adesope, R. Y. (2017). The Geogebra Interactive Software and Senior Secondary School Three (SSS3)

Students' Interest and Achievement in Mathematics. *International Journal of Mathematics and Statistics Studies*, 5(1), 1 - 8.

Winastiawan, G. dan Sunarto. (2010). *Pakematik Strategy Pembelajaran Inovatif Berbasis TIK*. Jakarta: Flex Media Komputindo.