



Mensinergikan Kemampuan Geometri dan Analisis pada Mata Kuliah Kalkulus Diferensial Melalui Bahan Ajar Berbasis Geogebra

Hanifah Nurus Sopiany¹, Rikayanti²

^{1,2} Pendidikan Matematika FKIP Universitas Singaperbangsa Karawang

Corresponding Author: hanifah.nurusofiany@fkip.unsika.ac.id

DOI: <http://dx.doi.org/10.15294/kreano.v9i2.15965>

Received : September 2018; Accepted: November 2018; Published: December 2018

Abstrak

Penelitian ini sebagai upaya mempermudah visualisasi dan penerapan konsep matematika dengan menggunakan software Geogebra. Sehingga mahasiswa dapat mensinergikan kemampuan analisis dan geometrinya. Penelitian ini melibatkan mahasiswa yang mengontrak matakuliah kalkulus diferensial pada semester genap. Adapun metode penelitian yang digunakan adalah pengembangan dengan model ADDIE (analyze, design, development, implementation, evaluation). Hasil observasi kemampuan awal memunculkan perlunya kemampuan mengidentifikasi unsur yang diketahui dan yang diperlukan dalam menyelesaikan permasalahan sesuai konsep, sehingga ini menjadi salah satu faktor yang membuat mahasiswa kesulitan dalam merepresentasikan hasil kedalam grafik/gambar. Hasil penelitian ini adalah: 1) Dugaan perlunya pengembangan bahan ajar di tunjukkan dengan adanya kebingungan mahasiswa dalam menggunakan bahan ajar yang sudah ada sehingga menunjukkan interaksi negatif antara mahasiswa. Penemuan terbimbing untuk pemahaman konsep dari hasil konflik kognitif mahasiswa kurang dapat dihasilkan dengan maksimal. 2) Pada hasil pengembangan bahan ajar, mahasiswa merasa dalam menarik kesimpulan dan argument dari hasil pembuktian, dapat dibantu dengan representasi gambar dan grafik yang dilakukan dengan menggunakan software Geogebra. 3) Variasi berpikir mahasiswa dalam menyelesaikan masalah kalkulus diferensial tergolong kurang berkembang. 4) Pengembangan bahan ajar berdasarkan pada hasil analisis dan respon mahasiswa telah mencapai tahapan yang mendekati kebutuhan, walaupun diperlukan adanya perbaikan.

Abstract

This research is an effort to facilitate visualization and application of mathematical concepts by using Geogebra software. So that students can synergize their analytical skills and geometry. This study involved students who contracted differential calculus courses in even semester. The research method used is the development of ADDIE models (analyze, design, development, implementation, evaluation). The results of the initial ability observation show to the need for the ability to identify elements that were known and needed in solving problems according to the concept, so that this became one of the factors that made students difficult to represent the results into graphics / images. The results of this study are: 1) Suspicion of the need for the development of teaching materials is shown by the confusion of students in using existing teaching materials so as to show a negative interaction between students. Discovery Learning for understanding the concept of the results of student cognitive conflict can not be maximally produced. 2) In the results of the development of teaching materials, students feel that in drawing conclusions and arguments from the results of the proof, they can be helped by the representation of images and graphics that are carried out using Geogebra software. 3) Variations in student thinking in solving the problem of differential calculus are classified as less developed. 4) The development of teaching materials based on the results of analysis and response of students has reached a stage that is close to need, even though improvements are needed.

Keywords: LearningMaterial, Software Geogebra, ADDIE Models

PENDAHULUAN

Kalkulus diferensial adalah mata kuliah wajib program studi pendidikan matematika, yang sangat dominan pada pengoptimalan kemampuan analisis. Hayati dan Romdhini (2012) menyatakan didalam pembelajaran kalkulus yang pertama dan terpenting adalah penciptaan geometri analitik atau geometri dengan koordinat dan persamaan oleh Rene Descartes (1596-1650) dan Pierre de Fermat (1601-1665). Dorman dan Maanen (2008) mengatakan kalkulus adalah salah satu topik dalam matematika dimana manipulasi algoritma dengan symbol lebih mudah dalam memahami konsep dasar. Pada kalkulus diferensial banyak melibatkan masalah terkait dengan laju perubahan dan gerak objek. Dengan prasyarat konsep fungsi dan limit serta sistem bilangan real. Beberapa konsep awal yang diterapkan sebagai pengantar menuju kalkulus diferensial adalah seputar limit fungsi, yang merupakan cikal bakal dari konsep ini. Sub topik yang merupakan proyek atau terapan dari kalkulus diferensial adalah mengenai garis singgung pada suatu kurva, hampiran linear terhadap suatu fungsi, masalah nilai optimum, terapan ekonomi, masalah dinamika dan sistem gerak, pemantulan dan pembiasan pada cahaya. Sementara itu, pada setiap kajian melibatkan kemampuan dalam memvisualisasikan pemahaman sehingga target geometri dan analisis akan tercapai dengan optimal.

Diperlukan inovasi dalam mensinergikan kedua kemampuan melalui *tools* yang mampu memfasilitasi daya imajinasi mahasiswa dalam hal mentransfer fungsi ke dalam sketsa grafik. Hernandez (2017) menyatakan teknologi telah menjadi mesin yang berpotensi untuk berinovasi dalam pendidikan, dimana hasil yang diperoleh merupakan hasil pengembangan ilmiah. Pembaharuan dalam pembelajaran di era teknologi memerlukan upaya yang maksimal. Komputer menjadi kebutuhan yang mutlak dikuasai oleh para pembelajar di era ini. Para pembaharu pendidikan matematika sepakat bahwa matematika harus dibuat *accessible* bagi seluruh pembelajar (House dalam Kusumah, 2010). Hatfield (Kusumah, 2010) mengemukakan bahwa pem-

belajaran berbasis teknologi komputer merupakan eksekusi program untuk tujuan-tujuan instruksional. Keunggulannya adalah melibatkan partisipasi pembelajar secara aktif untuk turut dalam pembelajaran.

Salah satu teknologi yang berkembang adalah *software Geogebra*. *Software Geogebra* adalah satu dari sekian banyak perangkat lunak yang dapat memfasilitasi terbentuknya suatu inovasi tersebut. Keunggulan dari *software* tersebut mudah untuk dioperasikan dan kapasitas yang cukup ringan, sehingga tidak meyalutkan apabila akan digunakan di luar laboratorium. Kita dapat memanipulasi grafik fungsi berdasarkan model yang diperlukan, dilihat dari beberapa aspek atau kriteria tertentu. Bhagat dan Chang (2015) menyatakan bahwa Geogebra merupakan alat yang dapat memotivasi siswa untuk mengeksplorasi matematika dan menawarkan kesempatan untuk berpikir kritis, yang merupakan pusat konstruktivisme. Satu studi menemukan bahwa Geogebra dapat membantu siswa memahami eksperimen, berorientasi pada masalah, dan pembelajaran yang berorientasi pada pembelajaran matematika, baik di kelas maupun di rumah (Diković, 2009). Perangkat lunak ini dapat bermanfaat bagi siswa dengan memungkinkan mereka untuk "memahami ide-ide yang tertanam dalam teorema dan masalah lebih lengkap daripada yang mereka pahami tanpa bantuan teknologi" (Pandiscio, 2002). Demikian juga dengan Zilinskiene dan Demirebilek (2015) yang menyatakan bahwa Geogebra adalah perangkat lunak dengan popularitas yang berkembang pesat di seluruh dunia

Pembelajaran dengan menggunakan *software Geogebra* diharapkan mampu mendorong keaktifan mahasiswa dalam belajar. Khalil *et al* (2018) menyatakan bahwa pemahaman geometrik siswa tergantung pada partisipasi aktif mereka dalam kegiatan yang dirancang dengan baik, dan tujuan yang tepat dari pelajaran, konteks studi, keterlibatan dalam diskusi daripada menghafal. Adanya *software* ini, diharapkan dapat membantu mahasiswa dalam menganalisa karakteristik kurva berdasarkan jenis fungsinya. Sehingga, pada saat diaplikasikan ke dalam teknik pemetaan titik-titik ke dalam geometri, secara

tidak langsung akan terbayang visualisasi dari karakter fungsi yang bersesuaian dengan objek yang diamati. Mengacu pada konsep laju perubahan gerak, yang sangat dekat dengan ilmu fisika dan mekanika.

Sinergisitas kedua kemampuan (analisis dan geometri) dapat teroptimalkan dengan berbantuan bahan ajar yang berbasis pada salah satu *software* dalam hal ini adalah *Geogebra*. Opara dan Oguzor (2011), bahwa "*instructional materials are the audio visual materials (software/hardware) which can be used as alternative channels of communication in the teaching-learning process*". Bahan ajar merupakan sumber belajar berupa visual maupun audio-visual yang dapat digunakan sebagai saluran alternatif pada komunikasi di dalam proses pembelajaran. Krutetskii (Ernest, 2002) mengatakan bahwa "*..Abilities are not something foreordained once and for all: they are formed and developed through instruction, practice and mastery of an activity*". Akibat adanya kesatuan utuh dari berbagai aktivitas berdasarkan intruksi akan tercapai kemampuan yang dimaksud. Seluruh intruksi pada aktivitas dalam penelitian ini, tertuang pada bahan ajar berupa buku pengantar kalkulus diferensial dengan berbasis *software Geogebra*.

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan sebelumnya, untuk mensinergikan kedua kemampuan maka penelitian ini berfokus pada hal-hal berikut ini: 1) Observasi kemampuan awal pada sisi aritmetika dan geometri. 2) Dugaan mengenai metode yang digunakan dalam menyelesaikan masalah kalkulus diferensial terutama pada masalah laju perubahan. 3) Kesulitan mahasiswa dalam menyelesaikan masalah yang menggunakan konsep kalkulus diferensial. 4) Variasi berpikir mahasiswa dalam menyelesaikan masalah kalkulus diferensial. 5) Pengembangan buku ajar berdasarkan pada hasil pengamatan terhadap kebutuhan dan kesulitan mahasiswa.

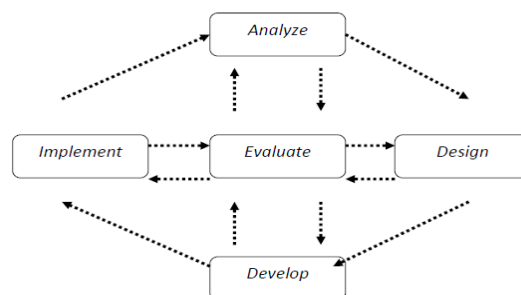
METODE

Metode penelitian

Penelitian yang berfokus pada pengembangan bahan ajar ini termasuk ke dalam kategori pengembangan. Metode Penelitian yang

digunakan merupakan desain riset dan pengembangan (Research and Development), yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut (Sugiyono, 2012). Adapun model yang dipilih adalah ADDIE, dengan produk utama yang dihasilkan berupa bahan ajar berupa buku ajar mata kuliah kalkulus diferensial. Tegeh dan Kirna (2013) penelitian dan pengembangan atau *Research and Development* (R&D) atau sering disebut "pengembangan" adalah strategi atau metode penelitian yang cukup ampuh untuk memperbaiki praktik pembelajaran.

Model ADDIE merupakan model yang sistematis seperti dikatakan oleh Romiszowski (Tegeh dan Kirna, 2013) bahwa pada tingkat desain materi pembelajaran dan pengembangan, sistematis sebagai aspek prosedural pendekatan sistem telah diwujudkan dalam banyak praktik metodologi untuk desain pengembangan teks, materi audiovisual, dan materi pembelajaran berbasis komputer. Adapun langkah-langkahnya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Tahapan ADDIE Model (Sumber: Anglada, 2007)

Gambar 1. Tahapan ADDIE Model (Sumber: Anglada, 2007)

Waktu, Tempat dan Subjek Penelitian

Penelitian dilaksanakan dari bulan April sampai dengan Agustus tahun 2018. Bertempat di Program Studi Pendidikan Matematika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan UNSIKA. Beralamat di JL. HS Ronggowaluyo Teluk Jambe Karawang. Subjek Penelitian ini adalah 30 orang mahasiswa dari satu kelas yang dipilih, untuk mengetahui permasalahan dan kesulitan yang muncul pada bahan

ajar yang biasa digunakan. Merujuk pada hasil pengerjaan bahan ajar tersebut, dari 30 orang diambil 6 orang mahasiswa dengan kategori 2 mahasiswa dengan kemampuan tinggi, 2 mahasiswa dengan kemampuan sedang, dan 2 mahasiswa dengan kemampuan rendah. Yang selanjutnya 6 mahasiswa tersebut menjadi subjek penelitian dalam pengembangan bahan ajar berbasis Geogebra.

Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah: 1) lembar observasi, 2) pedoman wawancara, 3) lembar validasi. Pada proses pengembangan bahan ajar, pengembangan dilakukan berdasarkan hasil observasi pada saat mahasiswa berinteraksi dengan bahan ajar diberikan, merujuk pada lembar penilaian mahasiswa tentang bahan ajar yang diberikan, dan merujuk pada wawancara dalam fokus grup diskusi.

Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Pengumpulan data dilaksanakan dengan teknik menggunakan instrumen berupa angket dan pedoman wawancara. Terbagi ke dalam dua tahapan yaitu tahap awal berupa data hasil uji dari pakar pada bidang mata kuliah, dan pakar media pembelajaran. Tahapan kedua data hasil uji perorangan dan uji lapangan yaitu hasil *review* mahasiswa dan dosen pembina mata kuliah. Pada tahapan pertama diperlukan suatu patokan dalam menguji yang didasarkan pada tabel berikut, dimana pemberian skor berada pada rentang 1-5 dengan urutan dari mulai yang terendah (terjelek) sampai terbaik.

Data-data berupa respon, masukan, dan perbaikan untuk buku ajar menjadi landasan utama dalam merevisi bahan ajar tersebut. Hal ini dilakukan ke dalam beberapa tahapan tergantung dari hasil data di lapangan. Proses pengulangan dilakukan sampai dengan tingkat kritikan yang paling sedikit dan bersifat kondisional.

HASIL DAN PEMBAHASAN

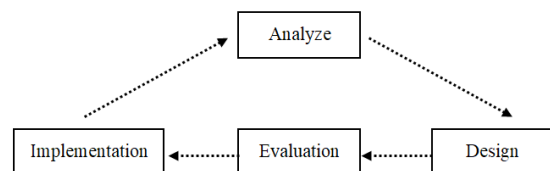
Penelitian pengembangan ini dilakukan terhadap bahan ajar kalkulus diferensial berbasis

hands on activity, dimana bahan ajar ini merupakan bahan ajar yang biasa digunakan mahasiswa pada tahun ajaran sebelumnya.

Hasil Penelitian

Hasil Penelitian Tahap Satu

Untuk mengetahui kesulitan dan kebutuhan mahasiswa dalam penggunaan bahan ajar ini maka penelitian ini diawali dengan pelaksanaan pembelajaran dengan menggunakan bahan ajar hands on activity dan tes yang berhubungan dengan laju perubahan. Materi yang disampaikan terdiri dari fungsi dan grafik, limit fungsi, turunan, dan penggunaan turunan. Alur Desain ADDIE yang dilalui pada pelaksanaan kegiatan dapat dilihat pada Gambar 2.

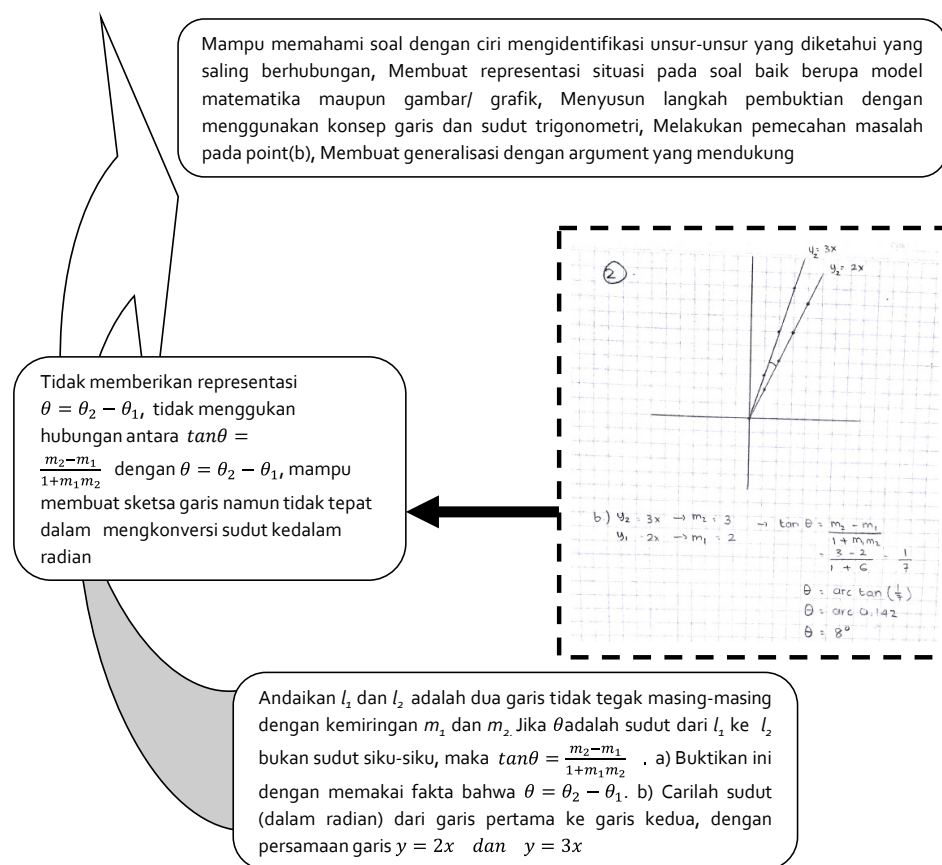


Gambar 2. Alur Desain ADDIE pada Tahap Satu

Hasil yang diperoleh dari pelaksanaan tahap satu dipaparkan pada Tabel 2. Hasil observasi selama pembelajaran fungsi, limit, turunan dan penggunaan turunan dengan menggunakan bahan ajar hands on activity 70% mahasiswa pada pembelajaran fungsi dapat dikategorikan tinggi (positif) dan terlihat memiliki motivasi yang baik terlihat pada kegiatan menggambarkan fungsi pada grafik. Namun kebingungan muncul pada mengerjakan soal latihan, seperti adanya kekeliruan memahami ordinat dan koordinat. Keliru dalam mengoperasikan fungsi bentuk pecahan dengan fungsi bentuk akar. Pada permasalahan kedua mahasiswa tidak memahami hubungan θ dengan gradient, dan bingung dalam mengaitkan $\tan\theta = \frac{m_2 - m_1}{1 + m_1 m_2}$ dengan $\theta = \theta_2 - \theta_1$, sehingga tidak mampu menggunakan fakta $\theta = \theta_2 - \theta_1$ untuk membuktikan $\tan\theta = \frac{m_2 - m_1}{1 + m_1 m_2}$. Gambar 3 adalah gambaran antara instrumen tes untuk mencapai tujuan yang diharapkan dengan permasalahan dan kesulitan siswa da-

Tabel 1. Hasil Tes Tahap Satu

Materi	Hasil analisis jawaban mahasiswa
Fungsi	Gambar yang diberikan sesuai hanya saja dengan ordinat yang tidak sama, formula untuk fungsi $f + g$ tidak sesuai, fungsi $f + g$ yang tidak sesuai mengakibatkan sketsa yang salah Tidak memberikan representasi $\theta = \theta_2 - \theta_1$, tidak menggunakan hubungan antara $\tan\theta = \frac{m_2 - m_1}{1 + m_1 m_2}$ dengan $\theta = \theta_2 - \theta_1$, mampu membuat sketsa garis namun tidak tepat dalam mengkonversi sudut kedalam radian
Limit	Gagal mengaitkan konsep atau teorema kekontinuan dengan permasalahan yang dimunculkan. Tidak mampu menggambarkan grafik fungsi f . Tidak memberikan representasi yang menunjukkan batas interval yang diminta, tidak mengaitkan keterhubungan antar unsur, tidak mampu menunjukkan $f(c) = c$
Turunan	Tidak menggunakan konsep turunan dalam menentukan kecepatan sesaat, tidak dapat menentukan waktu pada kecepatan 1/6 meter/detik. Tidak mampu mengaitkan unsur-unsur yang diketahui, tidak dapat mengaitkan keterhubungan antar unsure, tidak memberikan representasi situasi
Penggunaan Turunan	Tidak menggunakan konsep turunan, representasi tidak menggunakan bantuan sistem koordinat. Tidak menggunakan konsep maks-minimum dalam penggunaan turunan, nilai maksimum di cari dengan cara substitusi banyak nilai.



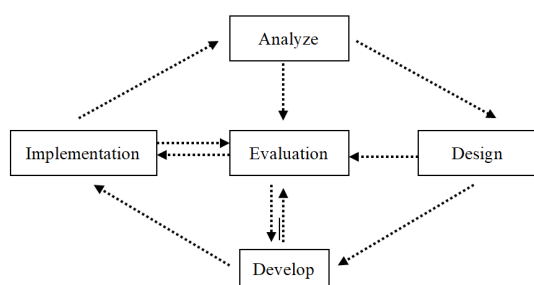
Gambar 3. Hubungan instrumen tes, tujuan dan kesulitan/hambatan dilihat dari hasil pengerjaan mahasiswa

lam menyelesaikan tes. Adapun Sikap positif siswa pada pembelajaran limit, turunan, dan penggunaan turunan dapat dinyatakan 50% artinya dengan kategori sedang. Hal ini ditunjukkan dengan banyaknya mahasiswa yang nampak kebingungan pada saat berinteraksi dengan bahan ajar. Salah satu hal yang menunjukkan adanya kebingungan adalah interaksi negatif antara mahasiswa, yaitu adanya kecenderungan mencontek pekerjaan teman untuk mengisi bahan ajar selama pembelajaran, yang akhirnya mengurangi tujuan pembelajaran dengan cara penemuan terbimbing untuk pemahaman konsep dari hasil konflik kognitif mahasiswa.

Hasil wawancara terhadap mahasiswa terkait bahan ajar memunculkan adanya kesesuaian asumsi peneliti dengan keinginan mahasiswa terkait bahan ajar berbasis ICT. Kesulitan yang sering muncul dalam pembuktian yang kemudian harus menyatakan argument dalam penarikan kesimpulan. Kekurangan bahan ajar yang diberikan kurang menuliskan langkah-langkah penemuan konsep secara jelas.

Hasil Penelitian Tahap Dua

Hasil penelitian tahap dua ini menunjukkan bahan ajar yang telah dikembangkan dengan berbasis software Geogebra. Alur Desain ADDIE yang dilalui pada pelaksanaan kegiatan ini.



Gambar 4. Alur Desain ADDIE pada tahap dua

Hasil yang diperoleh dari pelaksanaan tahap dua pada pembelajaran ke empat kajian materi dipaparkan sebagai berikut:

Penilaian isi

Capaian pembelajaran yang diharapkan pada bagian fungsi adalah mahasiswa dapat menentukan penyelesaian berbagai macam bentuk fungsi, mengoperasikan fungsi dan merepresentasikannya kedalam bentuk grafik. Hasil penilaian isi (bahan ajar kalkulus diferensial berbantuan Geogebra) menunjukkan jumlah 42 dengan persentase 70%. Selain penilaian tersebut, diperoleh pula masukan atau saran dari angket terbuka, yang dapat disimpulkan: 1) pemaparan materi pada fungsi trigonometri terlalu singkat dan tidak memberikan kegiatan penemuan sifat-sifat kesamaan trigonometri karena pada bahan ajar, kesamaan trigonometri diberikan langsung dalam bentuk tabel. 2) perlu penambahan permasalahan yang mengkaitkan konsep kesamaan trigonometri dengan konversi dalam radian.

Capaian pembelajaran yang diharapkan pada bagian limit adalah mahasiswa dapat menentukan penyelesaian limit dalam berbagai macam bentuk limit fungsi, melakukan operasi pada limit fungsi dan merepresentasikannya kedalam bentuk grafik. Melakukan pembuktian terhadap teorema apit. Memahami bentuk fungsi kontinu dan diskontinu yang sesuai dengan teorema kekontinuan. Hasil penilaian isi (bahan ajar kalkulus diferensial berbantuan Geogebra) menunjukkan jumlah 38 dengan persentase 63,33%. Selain penilaian tersebut, diperoleh pula masukan atau saran dari angket terbuka, yang dapat disimpulkan: 1) perlu memasukkan penggunaan software Geogebra dalam melakukan pembuktian faktatif yang melibatkan . 2) perlu penambahan permasalahan kekontinuan yang mengkaitkan dengan konsep teorema apit.

Capaian pembelajaran yang diharapkan pada bagian turunan adalah mahasiswa dapat menentukan gradient, sudut kemiringan garis dan kecepatan sesaat dengan menggunakan pendekatan limit. Memiliki kemampuan dalam menyelesaikan turunan dengan menggunakan teorema turunan. Memiliki kemampuan dalam pembuktian turunan yang melibatkan trigonometri. Membuat representasi gambar dari penyelesaian turunan sebagai salah satu argumentasi dalam menarik kesimpulan. Hasil penilaian isi mata kuliah

(bahan ajar kalkulus diferensial berbantuan Geogebra) menunjukkan jumlah 40 dengan persentase 66,67%. Selain penilaian tersebut, diperoleh pula masukan atau saran dari angket terbuka, yang dapat disimpulkan: 1) perlu menambahkan ringkasan kajian yang membahas hubungan antara turunan, diferensial, notasi Leibniz. 2) perlu menambahkan latihan penggunaan software Geogebra dalam kajian pendiferensialan implisit.

Capaian pembelajaran yang diharapkan pada bagian penggunaan turunan adalah mahasiswa dapat menentukan nilai maksimum-minimum, kemonotonan dan kecekungan. Menentukan nilai rata-rata yang melibatkan konsep turunan. Menyelesaikan permasalahan-permasalahan yang berkaitan. Menggambarkannya grafik yang melibatkan maksimum-minimum, kemonotonan dan kecekungan. Hasil penilaian isi mata kuliah (bahan ajar kalkulus diferensial berbantuan Geogebra) menunjukkan jumlah 39 dengan persentase 65%. Selain penilaian tersebut, diperoleh pula masukan atau saran dari angket terbuka, yang dapat disimpulkan: 1) perlu menambahkan permasalahan-permasalahan praktis yang berhubungan dengan representasi gambar.

Hasil Wawancara

Wawancara dalam fokus grup diskusi bersama mahasiswa uji coba pada materi fungsi secara inti dihasilkan: 1) adanya kesulitan dalam mengoperasikan bentuk akar dan polinom, 2) kesulitan dalam memahami sifat kesamaan trigonometri, 3) masalah yang muncul pada tes akhir bab terutama pada permasalahan nyata, dirasa sulit ditebak langkah penyelesaiannya jika tanpa representasi. Hasil wawancara terhadap materi limit secara inti dihasilkan: 1) adanya kesulitan dalam mengoperasikan komposisi limit, 2) keliru dalam memahami sebagai suatu jarak antara, 3) mengartikan keliru dalam memahami kekontinuan dari sifat selang tertutup dan terbuka, 4) mampu merepresentasikan fungsi pada permasalahan teorema apit dengan software Geogebra tetapi mengalami kekeliruan dalam menggambar secara manual. Terhadap materi turunan, wawancara yang dihasilkan: 1) kesulitan dalam

merepresentasikan hasil pembuktian turunan bentuk sinus-cosinus secara manual, 2) kesulitan dalam merepresentasikan turunan suatu fungsi yang memiliki dua rumus fungsi. 3) sulit memahami permasalahan yang berhubungan dengan laju yang berkaitan dengan teorema turunan. Secara inti wawancara yang dihasilkan terhadap materi penggunaan turunan: 1) kesulitan dalam merepresentasikan grafik secara mulus sesuai dengan nilai maksimum-minimum, kemonotonan dan kecekungan yang didapat, 2) tidak memahami asismtot, 3) merasa lama dalam mengerjakan permasalahan praktis karena mengalami kebingungan dalam menghubungkan unsur-unsur yang diketahui dengan konsep yang akan digunakan dalam penyelesaian yang melibatkan teorema turunan.

Penilaian Secara Umum

Dari penilaian pada masing-masing isi kajian materi terdapat masukan yang bersifat umum untuk semua kajian materi, yaitu: 1) perlu adanya menuliskan tujuan pembelajaran yang menghubungkan pada kehidupan nyata agar mampu memotivasi mahasiswa dalam memahami materi kajian. 2) perlu adanya rangkuman yang menjelaskan hubungan penggunaan Geogebra terhadap jenis-jenis permasalahan yang mudah diselesaikan software ini. 3) diperlukan secara terperinci langkah-langkah penggunaan software Geogebra yang sesuai dengan karakteristik masalah.

Sikap mahasiswa terhadap penggunaan bahan ajar berbasis software Geogebra menunjukkan sikap cenderung positif, yang ditunjukkan dengan adanya interaksi saling diskusi antara mahasiswa dalam mengisi bahan ajar terutama pada representasi grafik/ gambar. Terdapat ungkapan adanya rasa penasaran dalam menyelesaikan pembuktian, karena dalam menarik kesimpulan dan argument dari hasil pembuktian, dapat dibantu dengan representasi gambar dan grafik yang dilakukan dengan menggunakan software Geogebra. Hal ini mengurangi kebosanan dalam belajar.

Pembahasan

Penelitian dengan pengembangan bahan ajar

ini, merupakan suatu upaya dalam mensinergikan kemampuan analisis dan geometri mahasiswa calon guru. Pengembanagan bahan ajar didasari oleh adanya animo mahasiswa dalam penggunaan ICT dan merujuk pada beberapa referensi bahwa penggunaan software Geogebra mampu membantu pembelajaran matematika dalam memvisualisasikan bentuk geometri. Untuk merancang bahan ajar yang diinginkan, maka penelitian ini melakukan dua tahapan penelitian. Tahapan pertama merupakan penelitian yang mengidentifikasi kesulitan atau hambatan berpikir siswa dalam mengerjakan soal-soal analisis dan geometri yang berhubungan dengan laju perubahan. Tahapan kedua merupakan penelitian yang mengidentifikasi kekurangan bahan ajar berbasis Geogebra yang telah disusun (dengan desain yang merujuk pada hasil tahap satu), dan mengidentifikasi hambatan belajar mahasiswa pada penggunaan bahan ajar berbasis Geogebra berdasarkan pada penilaian isi bahan ajar.

Hasil penelitian tahap awal dengan tujuan mengidentifikasi kesulitan dan kebutuhan mahasiswa dalam penggunaan bahan ajar semula (sebelum pengembangan) maka dilakukan tes kemampuan analisis dan geometri yang berhubungan dengan laju perubahan. Hal ini sejalan dengan apa yang ungkapkan oleh Hayati dan Romdhini (2012) pada bagian pendahuluan sebelumnya. Hasil dari tes kemampuan analisis dan geometri menunjukkan adanya beberapa kesulitan mahasiswa dalam mengerjakan soal-soal yang diberikan dan mengerjakan bahan ajar yang diberikan. sehingga permasalahan yang muncul membuat penulis merasa perlu mengembangkan bahan ajar.

Hasil uji pengembangan bahan ajar dalam skala kecil yang dilakukan, memunculkan hasil berdasarkan isi dan wawancara mengenai kesulitan belajar siswa dalam berinteraksi dengan bahan ajar. Kesulitan belajar ini yang kemudian kita sebut dengan hambatan belajar. Hambatan belajar (*learning obstacle*) menurut Brousseau dapat disebabkan oleh beberapa factor, yaitu *obstacle of ontogenic origin* (kesiapan mental belajar), *obstacle of didactical origin* (akibat system pendidikan) dan *obstacle of epistemological origin* (penge-

tahuan siswa yang memiliki konteks aplikasi yang terbatas). Hambatan ontogenic terjadi karena proses pembelajaran yang tidak sesuai dengan kesiapan anak. Oleh karena itu, hambatan ontogenic erat kaitannya dengan perkembangan mental mahasiswa yang dihubungkan dengan factor usia dan tingkat perkembangan. Jika hambatan itu muncul hanya karena perkembangan mental yang lambat dan bukan karena penyakit bawaan lahir, maka hambatan itu akan hilang dengan sendirinya seiring dengan pertumbuhan siswa tersebut. Hambatan didaktis, yaitu hambatan yang terjadi akibat dari kekeliruan proses pembelajaran yang berasal dari system pembelajaran di sekolah itu sendiri. Hambatan didaktis hanya tergantung pada pilihan atau proyek dalam suatu system pendidikan. Hambatan epistemologis menurut Duroux (Suryadi, 2008) pada hakekatnya merupakan pengetahuan seseorang yang hanya terbatas pada konteks tertentu. Jika orang tersebut dihadapkan pada konteks berbeda, pengetahuan yang dimiliki menjadi tidak bisa digunakan atau dia mengalami kesulitan untuk menggunakannya. Dalam hal ini, pandangan siswa terhadap konsep yang lain terputus-putus dan tidak komprehensif.

Hasil uji tahap dua pada hasil penilaian isi menunjukkan adanya hambatan belajar yang dapat dikategorikan sebagai *obstacle of didactical origin* (akibat system pendidikan). Yang menjadi sistem pendidikan disini adalah bahan ajarnya, karena bahan ajar yang diberikan memiliki beberapa kekurangan dalam desainnya untuk mencapai tujuan pembelajaran. Sehingga memerlukan perbaikan dan pengembangan lebih lanjut. Sedangkan hasil wawancara terhadap mahasiswa yang diberikan uji coba menunjukkan adanya hambatan belajar yang dapat dikategorikan sebagai *obstacle of epistemological origin* (pengetahuan siswa yang memiliki konteks aplikasi yang terbatas), karena masih terdapatnya kekeliruan-kekeliruan mahasiswa dalam memahami konsep dan kekeliruan dalam menggunakan, menerapkan konsep pada penyelesaian masalah.

Dari kegiatan penelitian yang dilakukan, maka penelitian ini menunjukkan adanya perbedaan penelitian dengan penelitian-pen-

elitian yang dilakukan oleh peneliti terdahulu, meskipun memiliki kesamaan dalam beberapa variabel penelitian. Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan bahan ajar dengan menggunakan software Geogebra yang berfokus pada matakuliah kalkulus dengan materi yang berhubungan dengan laju perubahan. Penelitian-penelitian terdahulu yang melibatkan penggunaan Geogebra, diantaranya: Shadaan dan Leong (2013) dengan hasil penelitian yang menunjukkan perangkat lunak Geogebra telah terbukti menjadi alat yang efektif dalam meningkatkan pengajaran dan pembelajaran Matematika, khususnya dalam lingkaran pembelajaran, Khalil *et al* (2017) dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa instruksi berbantuan Geogebra telah secara signifikan mempengaruhi pencapaian matematika, Zenging (2017) dengan hasil penelitian yang menyatakan perangkat lunak Geogebra adalah alat yang efektif dalam meningkatkan sikap guru pra-layanan terhadap pembuktian dan pembuktian, Zenging (2018) dengan hasil yang menyatakan Geogebra adalah alat yang efektif dalam pembelajaran dan pengajaran sejarah matematika. Dari penelitian-penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa kajian pada penelitian terhadap fungsi Geogebra sebagai alat bantu yang dapat meningkatkan kemampuan-kemampuan yang diteliti, tidak berhubungan dengan kemampuan geometri dan analitik. Dan tidak secara tegas dinyatakan bahwa Geogebra sebagai bagian dari pengembangan bahan ajar kalkulus diferensial.

Penelitian terdahulu yang melibatkan penggunaan bahan ajar kalkulus, diantaranya: Gordah dan Fadillah (2014) dengan hasil yang menunjukkan terdapat peningkatan kemampuan representasi matematis mahasiswa melalui penggunaan bahan ajar kalkulus diferensial berbasis pendekatan open ended dengan kualitas peningkatan tergolong sedang, Hacımeroglu (2015) dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa ukuran mode pemrosesan yang disukai tidak berkorelasi dengan ukuran kemampuan spasial dan kemampuan penalaran verbal-logis, menunjukkan bahwa kemampuan kognitif tidak memprediksi preferensi siswa untuk pemrosesan visual atau analitik. Dari penelitian-penelitian tersebut maka bahan ajar kalkulus

yang dikembangkan tidak menunjukkan bahan ajar kalkulus diferensial yang berbantuan atau berbasis Geogebra.

PENUTUP

Kesimpulan

Kesimpulan yang dihasilkan pada batas tahap penelitian yang telah dilakukan ini, dituliskan dalam beberapa point sebagai berikut: (a) Hasil observasi kemampuan awal memunculkan adanya kemampuan mengidentifikasi unsure yang diketahui dan yang diperlukan dalam menyelesaikan permasalahan sesuai konsep, sehingga ini menjadi salah satu faktor yang membuat mahasiswa kesulitan dalam merepresentasikan hasil kedalam grafik/gambar; (b) Dugaan perlunya pengembangan bahan ajar di tunjukkan dengan adanya kebingungan mahasiswa dalam menggunakan bahan ajar yang sudah ada, hal ini dapat dikategorikan sebagai interaksi negatif antara mahasiswa, yaitu adanya kecenderungan mencontek pekerjaan teman untuk mengisi bahan ajar selama pembelajaran, yang akhirnya mengurangi tujuan pembelajaran dengan cara penemuan terbimbing untuk pemahaman konsep dari hasil konflik kognitif mahasiswa; (c) Dalam penggunaan bahan ajar yang telah dikembangkan dengan berbasis Geogebra, terdapat ungkapan mahasiswa yang memiliki rasa penasaran dalam menyelesaikan pembuktian, karena dalam menarik kesimpulan dan argument dari hasil pembuktian, dapat dibantu dengan representasi gambar dan grafik yang dilakukan dengan menggunakan software Geogebra. Hal ini mengurangi kebosanan dalam belajar; (d) Variasi berpikir mahasiswa dalam menyelesaikan masalah kalkulus diferensial tergolong kurang berkembang karena selalu berharap masalah yang diberikan tidak jauh berbeda / memiliki karakteristik yang sama dengan permasalahan yang menjadi contoh soal; (e) Pengembangan bahan ajar berdasarkan pada hasil analisis dan respon mahasiswa telah mencapai tahapan yang mendekati kebutuhan. Walaupun diperlukan adanya: 1) menuliskan tujuan pembelajaran yang menghubungkan pada kehidupan nyata agar mampu memotivasi mahasiswa dalam memahami materi kajian. 2) perlu adanya rangkuman

yang menjelaskan hubungan penggunaan Geogebra terhadap jenis-jenis permasalahan yang mudah diselesaikan software ini. 3) diperlukan secara terperinci langkah-langkah penggunaan software Geogebra yang sesuai dengan karakteristik masalah.

Saran

Penelitian ini bersifat kontinu dan berkelanjutan. Perbaikan berkelanjutan ini adalah mengoptimalkan kemampuan pengguna khususnya mahasiswa dalam menyusun suatu rencana penyelesaian masalah secara geometri analisis pada disiplin ilmu matematika dan lainnya dengan berbasis pada ICT.

DAFTAR PUSTAKA

- Bhagat, K. K., & Chang, C. Y. (2015). Incorporating GeoGebra into Geometry learning-A lesson from India. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11(1), 77-86.
- Brousseau, G. (1970-1990). Theory Of Didactical Situations In Mathematics. *Kluwer Academic Publisher*.
- Diković, L. (2009). Applications GeoGebra into teaching some topics of mathematics at the college level. *Computer Science and Information Systems*, 6(2), 191-203.
- Dorman, M & Maanen, J. (2008). A historical perspective on teaching and learning calculus. *The Australian Senior Mathematics Teacher* 2(22), 4-14.
- Ernest, P. (2006). The Philosophy of Mathematics Education. *British Library Cataloguing in Publication Data*. British: Routledge.
- Gordah dan Fadillah. (2014). Pengaruh Penggunaan Bahan Ajar kalkulus Diferensial Berbasis Pendekatan Open Ended Terhadap kemampuan Representasi matematis Mahasiswa. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, Vol. 20, Nomor 3, September 2014.
- Haciomeroglu. (2015). The role of Cognitive Ability and Preferred Mode of processing in Student' Calculus Performance. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11(5), 1165-1179
- Hayati, L., & Romdhini, M. U. (2012). Kalkulus Diferensial dan Integral Oleh Fermat. *Jurnal Pijar Mipa*, 7(1).
- Hernandez, R.M. (2017). Impact of ICT on Education: Challenges and Perspectives. *Propósitos y Representaciones*, 5(1), 325-347
- Khalil, M., Farooq, R.A., Cakiroglu, E., Khalil, U., Khan, M.D. (2018). The Development of Mathematical Achievement in Analytic Geometry of Grade-12 Student through Geogebra Activities. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology education*, 14 (4), 1453 – 1463.
- Kusumah, Y.S. (2010). Model Pembelajaran Matematika Berbasis Teknologi Informasi untuk Siswa Sekolah Menengah. *Bandung: JICA UPI*
- Opara, A.J. & Oguzor, S.N. (2011). Inquiry Instructional Method and the School Science Curriculum. *Current Research Journal of Social Sciences*, 3(3), 188-198.
- Pandiscio, E. A. (2002). Exploring the link between pre-service teachers' conception of proof and the use of dynamic geometry software. *School Science and Mathematics*, 102(5), 216-221.
- Shadaan, P., & Leong, K. E. (2013). Effectiveness of Using GeoGebra on Students' Understanding in Learning Circles. *Malaysian Online Journal of Educational Technology*, 1(4), 1-11..
- Suryadi, D. (2008). Metapedadidaktik dalam Pembelajaran Matematika: Suatu Strategi Pengembangan Diri Menuju Dosen Matematika Profesional (Pidato Pengukuhan Dosen Besar dalam Bidang Ilmu Pendidikan Matematika pada FPMIPA UPI, 22 Oktober 2008). Bandung: UPI.
- Sugiyono. (2012). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. *Bandung : Alfabeta*.
- Tegeh, I.M. & Kirna, I.M. (2013). Pengembangan Bahan Ajar Metode Penelitian Pendidikan Dengan Adie Model. *Jurnal IKA Undiksha*, 11(1), 12-26.
- Zengin, Y. (2017). The effects of GeoGebra software on pre-service mathematics teachers' attitudes and views toward proof and proving. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 48(7), 1002-1022.
- Zengin, Y. (2018). Incorporating the dynamic mathematics software GeoGebra into a history of mathematics course. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 1-16.
- Zilinskiene, I. & Demirbilek, M. (2015). Use of Geogebra in Primary Math Education in Lithuania: An Exploratory Study from Teachers' Perspective. *Informatics in Education*, 14(1), 127-142.