

PEMBELAJARAN BERBASIS STEM DALAM PERKULIAHAN KALKULUS DI PERGURUAN TINGGI

Khairani¹⁾, Mukhni²⁾, Faizah Qurrata Aini³⁾

Jurusan Matematika, FMIPA Universitas Negeri Padang

khairani@fmipa.unp.ac.id

Abstract

Calculus is a must course of many major in higher education. It caused by calculus has a role as basic foundation of many theories and its application is used in many aspects of various majors. However, many students had difficulty to understand calculus course. Its difficulty was caused by calculus course could not be integrated with topics that was learned in each of majors. Solution of that problem is to integrated topics from various majors in calculus course and it can be done with STEM learning. STEM learning integrates science aspect (S), technology aspect (T), engineering aspect (E), and mathematics aspect (M) in learning process so it can makes calculus course to be more realistic so students can easily understand it.

Keyword : Calculus, Higher Education, STEM Learning

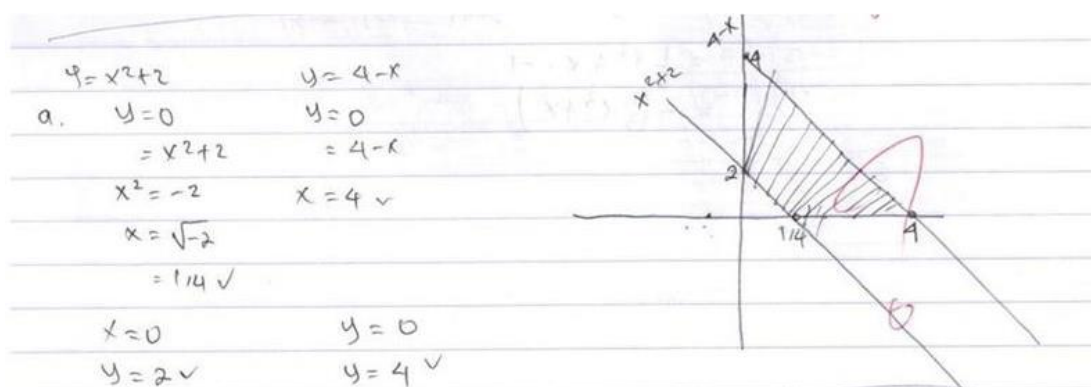
1. PENDAHULUAN

Matematika merupakan ilmu yang menjadi bahasa pengantar bagi ilmu-ilmu terapan lainnya. Berbagai macam ilmu pengetahuan menggunakan matematika sebagai metode penyelesaian masalah yang berkaitan dengan ilmu tersebut, seperti masalah biologi, fisika, kimia, teknik dan lain sebagainya. Peranan matematika yang penting tersebut menjadikan matematika sebagai salah satu mata kuliah yang wajib dipelajari oleh mahasiswa jurusan lainnya sebagai dasar agar dapat melakukan analisis perhitungan yang berkenaan dengan materi jurusan mereka masing-masing. Salah satu mata kuliah matematika yang wajib dipelajari oleh mahasiswa di jurusan lainnya adalah kalkulus.

Kalkulus merupakan salah satu mata kuliah wajib yang harus diikuti oleh seluruh mahasiswa yang berkuliah di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Negeri Padang. Hal tersebut berlaku pada semua jurusan yang ada di FMIPA UNP, baik jurusan Matematika dan jurusan yang lainnya, seperti Fisika, Kimia, Biologi dan IPA Terpadu. Mata kuliah tersebut sangat penting dipelajari karena berbagai analisis perhitungan pada aplikasi ilmu pengetahuan jurusan lain menggunakan konsep kalkulus dalam perhitungan. Namun, pada kenyataannya mahasiswa yang berada di luar jurusan matematika cenderung kesulitan untuk memahami konsep tersebut. Padahal materi kalkulus tersebut sangat berkaitan dengan materi mata kuliah berikutnya di jurusan mereka masing-masing. Jika mereka tidak memahami materi kalkulus, maka mereka akan mengalami kesulitan juga untuk memahami mata kuliah berikutnya di jurusan mereka.

Berbagai faktor menjadi penyebab lemahnya penguasaan mahasiswa terhadap mata kuliah kalkulus. Salah satunya adalah materi kalkulus masih belum terintegrasikan dengan materi yang ada di beberapa jurusan lainnya sehingga mahasiswa tidak dapat mengaitkan materi kalkulus dengan materi yang ada di jurusan mereka. Hal ini mengakibatkan kemampuan koneksi matematika mahasiswa rendah. Kemampuan koneksi matematika merupakan kemampuan matematika yang dimiliki seseorang untuk mengaitkan antartopik matematika, matematika dengan bidang ilmu lain dan matematika dengan kehidupan sehari-hari sehingga ia dapat menyelesaikan permasalahan yang dihadapinya dengan menerapkan konsep matematika yang ia pahami (Hendriana & Sumarmo, 2014). Kemampuan koneksi matematis yang rendah mengakibatkan mahasiswa tidak dapat mengaitkan materi kalkulus dengan bidang ilmu di luar matematika dan kehidupan sehari-hari yang menjadikan materi kalkulus menjadi kurang aplikatif dan sulit dipahami oleh mahasiswa jurusan lainnya.

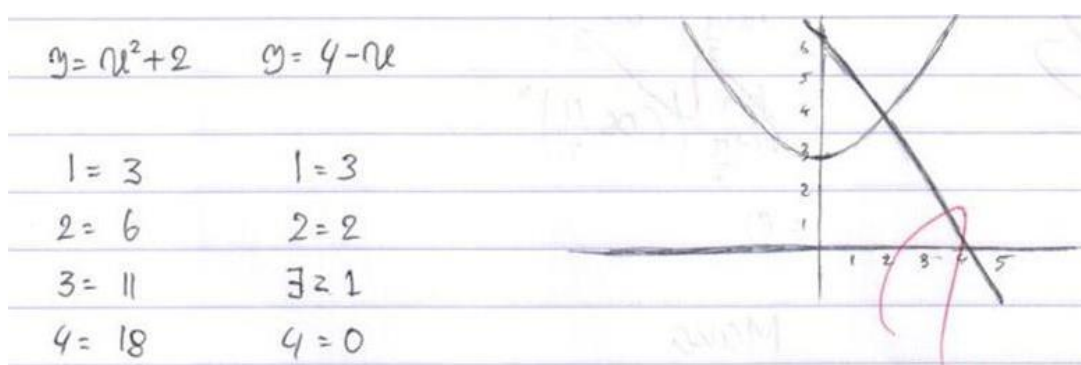
Kemampuan koneksi matematika yang rendah tersebut dapat terlihat dari lembar jawaban mahasiswa pada Ujian Akhir Semester Ganjil tahun 2017 berikut ini:



Gambar 1. Lembar Jawaban Mahasiswa A Pada Ujian Akhir Semester

Mahasiswa sebenarnya diminta untuk menggambarkan suatu daerah D yang terletak antara kurva $y = x^2 + 2$ dan $y = 4 - x$. Gambar dari daerah D tersebut dapat diperoleh dengan menentukan terlebih dahulu titik-titik koordinat masing-masing fungsi pada sumbu kartesius dengan memperhatikan daerah asal dan daerah hasil (*range*) dari masing-masing fungsi tersebut. Namun, mahasiswa tersebut tidak dapat mengaitkan antara topik menggambar grafik dengan *domain* dan *range* suatu fungsi. Hasilnya, mahasiswa tidak dapat menggambarkan daerah D yang diminta pada soal. Kesalahan-kesalahan yang seperti itu cukup banyak juga ditemukan pada lembar jawaban mahasiswa yang lainnya.

Pengalaman penulis sebagai pengajar mata kuliah kalkulus juga menemukan fakta bahwa mahasiswa memiliki kemampuan komunikasi matematika yang rendah. Mereka belum dapat menuliskan notasi matematika dengan baik dan kesulitan untuk menterjemahkan masalah soal cerita ke dalam model matematika. Kurangnya kemampuan komunikasi matematika mahasiswa dapat ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 2. Lembar Jawaban Mahasiswa B Pada Ujian Akhir Semester

Lembar jawaban tersebut menunjukkan usaha mahasiswa untuk menentukan titik-titik koordinat fungsi pada sumbu kartesius dengan memperhatikan *domain* dan *range* dari fungsi yang diberikan. Namun, cara penulisan dari penyelesaian tersebut tidak sesuai dengan kaidah dan notasi matematika yang benar. Mahasiswa memiliki pemahaman mengenai konsep kalkulusnya tetapi tidak memiliki kemampuan untuk mengkomunikasikannya secara tertulis di atas lembar jawaban ujian. Dapat dikatakan, mahasiswa memiliki kemampuan komunikasi matematika yang rendah.

Kemampuan komunikasi ini sangat penting dikuasai oleh mahasiswa karena dengan memiliki kemampuan komunikasi matematika ini, mahasiswa dapat mengubah berbagai permasalahan kompleks menjadi lebih sederhana dalam model matematika sehingga nantinya dapat diselesaikan

dengan menggunakan konsep matematika. Permasalahan kompleks tersebut dapat ditemukan pada kehidupan sehari-hari dan juga pada permasalahan yang berkaitan dengan bidang ilmu lainnya. Kurangnya kemampuan mahasiswa dalam komunikasi matematika mengakibatkan mahasiswa tidak dapat menyelesaikan permasalahan-permasalahan tersebut.

Berbagai masalah terkait perkuliahan kalkulus tersebut harus diatasi dengan segera agar tujuan pembelajaran dapat tercapai sehingga menghasilkan generasi yang unggul. Salah satu solusi yang dapat dilakukan adalah dengan mengintegrasikan materi kalkulus tersebut dengan materi jurusan lainnya dengan berdasarkan pembelajaran berbasis STEM (*Science, Technology, Engineering dan Mathematics*). STEM merupakan suatu inovasi pembelajaran yang sedang gencar diterapkan di dunia pendidikan matematika dengan tujuan agar peserta didik matematika dapat memahami materi matematika tersebut sesuai dengan bidang yang peserta didik pahami, yaitu sains, teknologi, mesin dan matematika. Pembelajaran STEM dilakukan dengan memadukan konten/materi pada unsur STEM menjadi satu kesatuan yang padu dan diajarkan secara terpadu juga, tidak secara terpisah-pisah. Dengan demikian, mahasiswa akan mendapati pembelajaran yang tidak hanya memberikan ilmu pengetahuan dan wawasan baru dari segi sains dan matematika, tetapi juga ilmu yang aplikatif yang dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari dan kehidupan profesi/kerja (dari segi mesin dan teknologi).

2. PEMBAHASAN

a. Pembelajaran Berbasis STEM

Perkembangan pendidikan di dunia terus memunculkan berbagai terobosan dan inovasi baru. Salah satunya adalah pembelajaran yang berbasis STEM. STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) merupakan inovasi pendidikan yang mulai gencar disebarluaskan di Amerika Serikat pada tahun 1900-an oleh *National Science Foundation* dengan tujuan untuk menciptakan angkatan kerja dan generasi muda Amerika yang berpengetahuan dan berketerampilan di bidang STEM tersebut sehingga akan menaikkan daya saing global Amerika Serikat serta unggul di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi (Hanover Research, 2011). Pendidikan berbasis STEM saat ini sudah mulai dikembangkan di berbagai negara, seperti Jepang, Finlandia, Australia, Taiwan, Tiongkok, Vietnam, Filipina, dan Malaysia (Winarni, dkk, 2016). Negara-negara maju tersebut menyadari pentingnya keempat bidang STEM tersebut untuk menghadapi persaingan global di tingkat internasional. Mereka harus menyiapkan sumber daya manusia yang dapat bersaing dengan sumber daya manusia yang berasal dari negara maju lainnya agar tetap dapat memperoleh lapangan kerja yang layak.

Indonesia sudah mulai memperhatikan unsur STEM ini dalam pendidikannya. Hal tersebut tampak dengan diberlakukannya kurikulum 2013 yang menggunakan pendekatan saintifik dalam pembelajaran di kelas. Namun, hal tersebut masih belum berdampak nyata untuk mencapai tujuan pendidikan dikarenakan unsur STEM pada pembelajarannya masih terpisah dan tidak terkait satu sama lain. Pendidikan yang berbasis STEM dilakukan dengan tidak hanya penguatan konten materi dalam bidang STEM secara terpisah, melainkan mengembangkan pendekatan pendidikan yang memadukan sains (*science*), teknologi (*technology*), mesin (*engineering*) dan matematika (*mathematics*) dengan menitikberatkan proses pembelajaran pada pemecahan masalah nyata dalam kehidupan sehari-hari (National STEM Education Center, 2014).

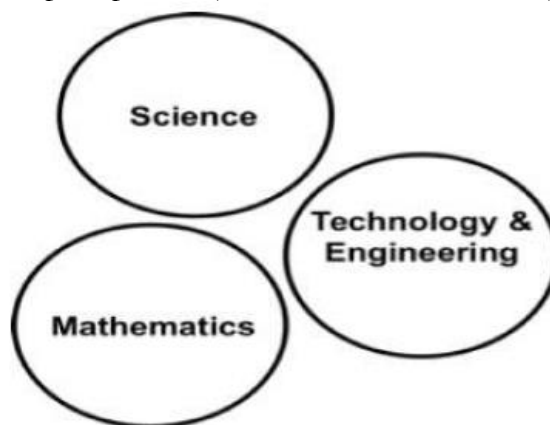
Roberts dan Cantu (2012) merancang tiga pendekatan yang dapat diaplikasikan dalam pembelajaran berbasis STEM di dalam kelas. Ketiga pendekatan tersebut adalah sebagai berikut:

(1) Pendekatan SILO

Pelaksanaan pembelajaran yang menggunakan pendekatan ini memiliki ciri khas di mana keempat unsur STEM, yaitu sains (*Sciences*), teknologi (*Technology*), mesin (*Engineering*) dan matematika (*Mathematics*) diajarkan secara terpisah-pisah. Pembelajarannya menjadi terpusat pada konten materi dari masing-masing unsur tersebut. Mahasiswa akan dapat

memahami secara mendalam materi dari masing-masing unsur STEM. Aspek pengetahuan dari unsur STEM akan berkembang dengan baik namun aspek keterampilannya kurang terasah. Hal tersebut disebabkan mahasiswa terbiasa untuk mengetahui konten materinya tanpa diberikan kesempatan untuk menerapkan keterampilan dan aplikasi dari materi tersebut. Mahasiswa hanya memperoleh pengetahuan saja tetapi pengetahuan tersebut kurang teraplikasikan dalam kehidupan sehari-hari.

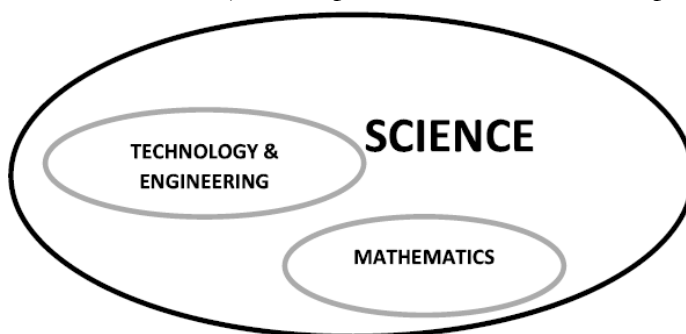
Bagan pendekatan SILO pada pembelajaran berbasis STEM ditunjukkan sebagai berikut:



Gambar 3. Pendekatan silo di mana setiap unsur STEM diajarkan secara terpisah tanpa dikaitkan satu sama lain

(2) Pendekatan Tertanam (Embedded Approach)

Pembelajaran dengan pendekatan ini lebih menitikberatkan fokus materinya pada salah satu unsur STEM saja, sedangkan unsur STEM yang lainnya hanya dijadikan sebagai suplemen atau pelengkap agar mahasiswa dapat memiliki pemahaman yang lebih baik tentang salah satu unsur STEM. Hal tersebut menghasilkan pengetahuan siswa yang lebih luas dan mendalam serta teraplikasikan pada salah satu unsur STEM, namun tidak pada unsur STEM lainnya. Misalnya pembelajaran STEM dengan pendekatan tertanam pada kuliah sains. Unsur teknologi, mesin (engineering) dan matematika dijadikan sebagai pelengkap wawasan mata kuliah untuk menunjukkan aplikasi sains dalam kehidupan sehari-hari.



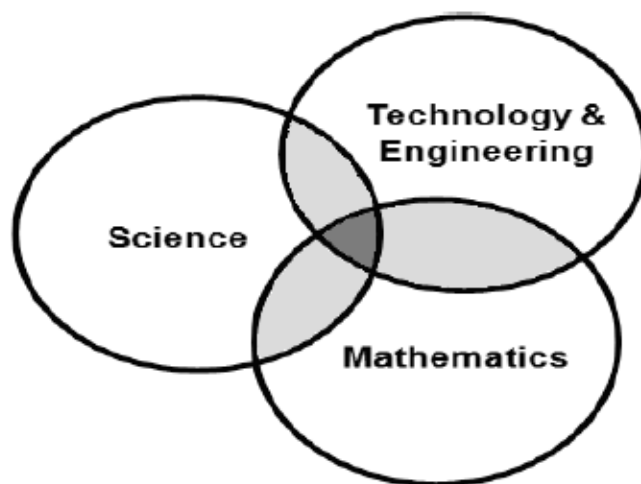
Gambar 4. Pendekatan tertanam di mana salah satu unsur STEM yaitu sains diajarkan dengan mengaitkan unsur STEM yang lain dalam pembelajaran

(3) Pendekatan Terpadu (Integrated Approach)

Pembelajaran dengan pendekatan ini memperlihatkan keterpaduan antara masing-masing unsur STEM dalam pembelajaran yang diajarkan. Materi STEM ini tidak diajarkan secara terpisah namun dalam satu kesatuan sehingga peserta didik tidak melihat unsur STEM

sebagai materi yang terpisah namun sebagai suatu kesatuan yang padu. Pembelajaran STEM dengan pendekatan terpadu ini lebih mudah diterapkan dalam pendidikan dasar dengan pendekatan tematiknya.

Bagan dari pendekatan terpadu pada pembelajaran STEM adalah sebagai berikut:



Gambar 6. Pendekatan terpadu terhadap unsur STEM, di mana semua unsur STEM diajarkan seolah-olah merupakan satu subyek yang padu dan tidak terpisah-pisah.

Ketiga pendekatan dalam penerapan STEM tersebut memiliki kelemahan dan keunggulannya masing-masing dan dapat diterapkan dalam berbagai jenjang pendidikan di Indonesia. Pendekatan terpadu relatif lebih mudah dilakukan pada jenjang sekolah dasar dengan menggunakan pendekatan tematik yang diusung kurikulum 2012. Sedangkan pendekatan tertanam lebih sesuai dilakukan pada jenjang sekolah menengah dan tinggi sehingga peserta didik dapat langsung melihat aplikasi dari ilmu pengetahuan yang mereka peroleh dalam kehidupan nyata. Pendidikan STEM ini akan terwujud dalam situasi di mana pembelajaran sains atau matematika melibatkan aktivitas pemecahan masalah nyata dalam konteks sosial, kultural dan fungsional (Roberts, 2012). Bybee (2013) menyatakan bahwa dalam pembelajaran STEM, peserta didik pada perlu ditantang dengan memberikan tugas-tugas rekayasa otentik dan nyata sebagai komplemen dari pembelajaran sains melalui kegiatan-kegiatan proyek yang memadukan sains, teknologi, mesin dan matematika.

Pembelajaran berbasis STEM yang sesuai diterapkan pada pembelajaran di perguruan tinggi adalah pembelajaran STEM yang menggunakan pendekatan tertanam. Hal tersebut disebabkan mahasiswa sudah memiliki ketertarikan dengan jurusan mereka masing-masing. Sehingga cara terbaik yang dilakukan adalah dengan menanamkan konsep dasar/teori suatu unsur STEM ke dalam pembelajaran STEM lainnya. Misalnya dalam pembelajaran kalkulus, maka unsur sains (S), teknologi (T) dan mesin/engineering (E) ditanamkan dalam konsep kalkulus sehingga mahasiswa yang mengikuti pembelajaran kalkulus dapat mengenal dan memahami aplikasi kalkulus di kehidupan nyata.

Pendidikan berbasis STEM ini dapat diintegrasikan dan dipadukan dengan berbagai model dan metode pembelajaran. Hal tersebut dikarenakan pendidikan STEM yang bersifat integratif sehingga memungkinkan berbagai model dan metode pembelajaran digunakan untuk mendukung penerapannya dalam proses pembelajaran di kelas (Permanasari, 2016).

b. Kemampuan Koneksi Matematis

Kemampuan koneksi matematika ini berkaitan dengan cara berpikir peserta didik untuk memahami dan mengaitkan masalah, kondisi dan situasi di lingkungan sekitarnya dengan konsep matematika yang ia ketahui kemudian menemukan solusi dari masalah dan situasi tersebut. Kemampuan koneksi ini sangat penting dimiliki peserta didik karena akan membantu peserta didik menguasai konsep yang bermakna dan membantu penyelesaian masalah kehidupan sehari-hari dengan mengaitkan antarkonsep matematika, matematika dengan konsep ilmu yang lain dan konsep matematika dengan kejadian sehari-hari.

Sumarmo (dalam Hendriana & Sumarmo, 2014:27) menyatakan bahwa kegiatan-kegiatan yang termasuk dalam tugas koneksi matematika antara lain adalah :

1. Menemukan dan memahami suatu representasi yang sama dan sesuai dengan konsep dan prosedur matematika
2. Menemukan dan memahami hubungan dari berbagai representasi konsep dan proses matematika
3. Menemukan dan memahami hubungan antartopik atau konsep matematika
4. Menerapkan konsep matematika pada bidang lain atau pada kehidupan sehari-hari
5. Menemukan hubungan satu prosedur dengan suatu prosedur yang lain dalam suatu representasi yang sama dan sesuai
6. Menerapkan suatu hubungan antartopik/konsep matematika dan antara suatu topik matematika dengan suatu topik ilmu lainnya

Kegiatan yang terlibat dalam koneksi matematika menunjukkan bahwa matematika merupakan ilmu yang saling berelasi dan berkaitan dengan ilmu pengetahuan yang lain sehingga dengan memiliki kemampuan koneksi matematika maka seseorang akan memiliki pengetahuan yang bermakna dan dapat diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari.

c. Kemampuan Komunikasi Matematis

Komunikasi matematika merupakan kemampuan matematika esensial yang tercantum dalam kurikulum pendidikan matematika (NCTM, 2003). Selain tercantum dalam kurikulum matematika sekolah, pengembangan kemampuan komunikasi matematika juga sesuai dengan hakikat matematika sebagai bahasa simbol yang efisien, padat makna, memiliki sifat keteraturan yang indah dan kemampuan analisis kuantitatif, bersifat universal dan dapat menghasilkan model matematika yang diperlukan dalam pemecahan masalah berbagai cabang ilmu pengetahuan dan permasalahan kehidupan sehari-hari.

Pentingnya pemilikan kemampuan komunikasi matematika antara lain dikemukakan Baroody (Hendriana & Sumarmo, 2014:30) sebagai berikut :

- a. Matematika merupakan bahasa penting yang berfungsi sebagai alat untuk berpikir, menemukan suatu rumus, menyelesaikan atau menyimpulkan suatu permasalahan, serta berfungsi untuk menyatakan beragam ide secara jelas, teliti dan tepat.
- b. Matematika dan belajar matematika merupakan jantungnya dari kegiatan sosial manusia seperti saat pembelajaran mengenai matematikadi kelas, interaksi yang terjadi antara guru dengan siswa, siswa dengan siswa, bahan ajar dengan siswa.

Peran penting lainnya dari komunikasi matematika juga dikemukakan oleh Sikin (Hendriana & Soemarmo, 2014:30), yaitu:

- a. Membantu peserta didik menajamkan cara berpikir.
- b. Alat untuk menilai pemahaman peserta didik.
- c. Membantu peserta didik mengorganisasikan pengetahuan mereka.
- d. Membantu peserta didik membangun kemampuan matematikanya.
- e. Meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematika.
- f. Meningkatkan penalarannya.
- g. Mengembangkan kemampuan diri.

- h. Mengembangkan keterampilan dalam bersosial.
- i. Berguna untuk mendirikan suatu komunitas matematika

Sumarmo (Hendriana & Sumarmo, 2014:30) melakukan analisis terhadap berbagai tulisan para ahli dan merangkumkan indikator kemampuan komunikasi matematika sebagai berikut:

- a. Merepresentasikan suatu benda, gambar atau diagram ke dalam notasi atau simbol matematika
- b. Memberikan penjelasan mengenai ide atau konsep matematika, baik dengan lisan maupun tulisan serta dengan menggunakan berbagai representasi seperti gambar, persamaan aljabar atau grafik.
- c. Menyatakan kejadian sehari-hari dalam model matematika dengan menggunakan simbol dan notasi matematika
- d. Berdiskusi dan menulis hal-hal yang berkaitan dengan matematika
- e. Membuat konjektur, argumen, definisi serta generalisasi
- f. Menyatakan kembali suatu konsep atau uraian matematika ke dalam bahasa sehari-hari.

Paparan di atas menunjukkan bahwa kemampuan komunikasi matematika sangat diperlukan oleh seseorang untuk dapat menterjemahkan berbagai permasalahan dalam kehidupan sehari-hari ke dalam bahasa dan notasi matematika sehingga permasalahan tersebut dapat diselesaikan dengan menggunakan konsep matematika yang ada.

Penerapan unsur STEM dalam pembelajaran kalkulus di tingkat perguruan tinggi telah memberikan hasil belajar dan respon yang baik dari mahasiswa. Hal tersebut berdasarkan temuan yang diperoleh pada penelitian yang dilakukan Oktaviyanthi dan Supriani (2015). Mereka melakukan penelitian eksperimen pada mata kuliah kalkulus dengan mengintegrasikannya terhadap teknologi (T) software Microsoft Mathematics untuk menyelesaikan masalah-masalah aplikatif pada kalkulus yang berkaitan dengan bidang ilmu lain (S). Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa hasil belajar mahasiswa menjadi lebih baik dan mahasiswa memberikan respon yang positif terhadap mata kuliah kalkulus.

Sedangkan penelitian lain tentang pembelajaran yang menerapkan unsur STEM (sains, teknologi, *engineering* dan matematika) dilakukan oleh Stahl, dkk (2010). Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa pembelajaran yang menerapkan unsur teknologi dapat meningkatkan kemampuan matematis peserta didik. Oktaviyanthi, R. & Supriani, Y. (2015) juga memperoleh hasil yang sama dengan penelitian Stahl. Penelitian mereka menemukan bukti bahwa penggunaan unsur teknologi (T) dalam pembelajaran kalkulus dapat meningkatkan hasil belajar mahasiswa serta mengubah *image* mata kuliah kalkulus menjadi positif di mata mereka.

Firman (2016) menyatakan bahwa pembelajaran STEM dapat meningkatkan kemampuan peserta didik dan meningkatkan kualitas pembelajaran di dalam kelas. Hal yang sama juga disampaikan oleh Winarti, dkk (2016). Mereka menyatakan bahwa pembelajaran STEM dapat meningkatkan kualitas kemampuan peserta didik yang diperlukan untuk menghadapi persaingan global. Kemampuan tersebut meliputi kemampuan koneksi dan komunikasi.

3. SIMPULAN

Penerapan konsep kalkulus sangat luas digunakan dalam berbagai bidang ilmu di kehidupan sehari-hari. Hal tersebut menjadikan kalkulus tidak hanya harus dipahami oleh mahasiswa yang berada di jurusan matematika saja, tetapi juga mahasiswa jurusan lain. Namun, mahasiswa tersebut cenderung kesulitan untuk memahami berbagai konsep kalkulus. Salah satu penyebabnya adalah kemampuan koneksi dan komunikasi matematika mereka yang masih rendah. Permasalahan tersebut harus diatasi sebab jika mereka tidak dapat menguasai konsep kalkulus maka mereka juga akan kesulitan memahami konsep/teori mata kuliah lain yang menggunakan konsep kalkulus sebagai dasar teorinya.

Solusi yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan menerapkan pembelajaran berbasis STEM pada mata kuliah kalkulus. Pembelajaran berbasis STEM ini memadukan unsur sains (S), teknologi (T) dan mesin/*engineering* (E) dalam pembelajaran kalkulus sehingga materi kalkulus lebih terlihat aplikatif dan sesuai serta dapat dimanfaatkan di jurusan mereka masing-masing. Hasil berbagai penelitian juga menunjukkan bahwa pembelajaran yang dipadukan dengan unsur-unsur STEM (sains, teknologi, *engineering*, dan matematika) yang dipadukan dengan berbagai strategi dan metode pembelajaran dapat meningkatkan kemampuan koneksi dan komunikasi peserta didik. Hal tersebut dikarenakan pembelajaran yang berbasis STEM melatih mahasiswa untuk mengaitkan topik/teori unsur STEM tersebut satu sama lain sehingga memiliki kesatuan yang padu. Selain itu, pembelajaran STEM juga membantu mahasiswa untuk dapat mengkomunikasikan ide dan konsep unsur STEM ke dalam ide dan konsep matematika serta sebaliknya.

REFERENSI

- [1] Bybee, R. W. 2013. *The Case for STEM Education : Challenges and Oppurtunity*. Arlington, VI: National Science Teacher Association (NSTA) Press.
- [2] Firman, Harry. 2016. Pendidikan STEM Sebagai Kerangka Inovasi Pembelajaran Kimia Untuk Meningkatkan Daya Saing Bangsa Dalam Era Masyarakat Ekonomi ASEAN. *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya*. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Surabaya. ISBN : 978-602-0951-12-6.
- [3] Hanover Research . 2011. K-12 STEM Education Overview.
- [4] Hendriana, H. & Soemarmo, U. (2014). *Penilaian Pembelajaran Matematika*. Bandung: Refika Aditama.
- [5] National Council of Teacher Mathematics. 2003. *Standards and Indicators for Secondary Education*. Virginia: The NCTM, Inc.
- [6] National STEM Education Center. 2014. *STEM Education Network Manual*. Bangkok: The institute for the Promotion of teaching Science and Technology.
- [7] Oktaviyanti, R. & Supriani, Y. 2015. Experimental Design: Utilizing Microsoft Mathematics in Teaching and Learning Calculus. *Journal of Education and Practice*. Vol.6, No.25, page:75-83.
- [8] Permanasari, Anna. 2016. STEM Education : Inovasi Dalam Pembelajaran Sains. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan (SNPS)*.
- [9] Roberts, A. 2012. A Justification for STEM Education. *Technology and Engineering Teacher*, 74(8), 1-5.
- [10] Roberts, A. & Cantu, D. 2012. *Applying STEM Instructional Strategies to Design and Technology Curriculum*. Departments of STEM Education and Professional Studies Old Dominion University. Norfolk, VA, USA.
- [11] Stahl, dkk. 2010. Enhancing Mathematical Communication For Virtual Math Teams. *Acta Didactica*, ISSN 2065-1430, Vol.03, No. 02, pp.101-114.
- [12] Winarti, J., Zubaidah, S. & Koes, S. H. 2016. STEM: Apa, Mengapa dan Bagaimana. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan IPA Pasca Sarjana Universitas Negeri Malang*, Vol. 1, ISBN: 978-602-9286-21-1