

**PEMBELAJARAN BERBASIS STEM (SCIENCE ENGINEERING  
MATHEMATICS AND SCIENCE) UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN  
TEKNIK SISWA**

**Hadistia Siti Nuryani**  
Universitas Mandiri  
hadistia.14@gmail.com

**ABSTRACT**

*The purpose of STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) in education is in line with the demands of the 21st century education, that is so that students have scientific and technological literacy seen from reading, writing, observing, and doing science, as well as being able to develop the competencies it has to apply in dealing with problems in daily life related to the science STEM (National STEM Education Center, 2014). Many STEM integration efforts revolve around engineering and design engineering as an impetus for learning science, mathematics, and technological content. The National Research Council Framework for Science Education K-12 (2012) articulates and discusses the role of engineering as a mechanism by which students can learn meaningful scientific concepts (Moore, et all 2014). This study aims to improve students' engineering ability. Explanatory survey method was used in this study to detect their conception deeply. The respondense or participants of this study was eleven graders from public vocational school in Lembang in Agribusiness course. The results of this study indicate that Lembang vocational school students experience an increase in students' engineering ability in plant agribusiness subjects.*

*Keywords: Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM), Engineering Ability, Vocational School.*

**ABSTRAK**

Tujuan STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) dalam pendidikan sejalan dengan tuntutan pendidikan abad 21, yaitu agar peserta didik memiliki literasi sains dan teknologi yang dilihat dari membaca, menulis, mengamati, dan melakukan sains, sebagai serta mampu mengembangkan kompetensi yang dimilikinya untuk diterapkan dalam menghadapi permasalahan dalam kehidupan sehari-hari yang berkaitan dengan ilmu STEM (Pusat Pendidikan STEM Nasional, 2014). Banyak upaya integrasi STEM berkisar pada rekayasa dan rekayasa desain sebagai dorongan untuk mempelajari sains, matematika, dan konten teknologi. Kerangka Dewan Riset Nasional untuk Pendidikan Sains K-12 (2012) mengartikulasikan dan membahas peran teknik sebagai mekanisme di mana

siswa dapat mempelajari konsep-konsep ilmiah yang bermakna (Moore, et all 2014). Studi ini bertujuan untuk meningkatkan kemampuan siswa kemampuan rekayasa. Metode explanatory survey digunakan dalam penelitian ini untuk mendeteksi konsepsi mereka secara mendalam. Responden atau peserta penelitian ini adalah siswa kelas XI SMK Negeri di Lembang pada mata kuliah Agribisnis. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa siswa SMK Lembang mengalami peningkatan kemampuan teknik siswa pada mata pelajaran agribisnis tanaman.

Kata Kunci: *Sains, Teknologi, Teknik dan Matematika (STEM)*, Kemampuan Teknik, Sekolah Kejuruan.

### **A. Pendahuluan**

Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) merupakan bagian dari perkembangan dunia pendidikan khusus di bidang ilmunya. Pendidikan STEM didirikan berdasarkan perpaduan beberapa disiplin ilmu menjadi satu bentuk asosiasi yang disepakati menjadi baru yang utuh. Disiplin ilmu yang menjadi komponen pendekatan STEM adalah sains, teknologi, teknik, dan matematika. Integrasi beberapa disiplin ilmu tersebut diharapkan mampu menghasilkan lulusan yang kompeten dan berkualitas tidak hanya dalam penguasaan konsep tetapi juga dalam mengaplikasikannya dalam kehidupan. Pendekatan STEM merupakan perpaduan antara ilmu pengetahuan, teknologi, teknik, dan

matematika menjadi satu kurikulum secara keseluruhan (Jones, 2008).

Integrasi pendekatan STEM akan membantu siswa menganalisis dan memecahkan masalah yang terjadi dalam kehidupan nyata sehingga siswa siap bekerja. Pengetahuan yang digunakan dalam memecahkan masalah tersebut adalah definisi literasi sains. Literasi sains adalah pengetahuan ilmiah individu dan penggunaan pengetahuan untuk mengidentifikasi pertanyaan, memperoleh pengetahuan baru, menjelaskan fenomena ilmiah, dan menarik kesimpulan berdasarkan bukti (Ismail, 2016). Integrasi STEM dapat memberikan siswa salah satu kesempatan terbaik untuk mengalami situasi belajar di dunia nyata, daripada belajar mata pelajaran STEM dalam silo (Tsupros et all, 2009). Namun,

metode yang paling umum dari penataan dan penerapan pendidikan STEM tidak mencerminkan hubungan alami antara empat komponen STEM di dunia nyata penelitian dan pengembangan teknologi (NRC, 2009, p. 150).

Integrasi STEM dapat memberi siswa salah satu peluang terbaik untuk mengalami pembelajaran dalam situasi dunia nyata, daripada mempelajari mata pelajaran STEM dalam silo (Tsupros et al, 2009). Namun, metode penataan dan penerapan pendidikan STEM yang paling umum tidak mencerminkan keterkaitan alami dari empat komponen STEM di dunia nyata penelitian dan pengembangan teknologi (NRC, 2009, p. 150). Ini memiliki konsekuensi yang parah bagi minat dan kinerja siswa dalam pendidikan STEM dan pengembangan literasi STEM mereka. Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan bagaimana komponen STEM saling berhubungan. Karena teknik membutuhkan penerapan matematika dan sains melalui perkembangan teknologi, teknik ini dapat memberikan cara untuk mengintegrasikan disiplin STEM secara bermakna. Ini

memiliki konsekuensi yang parah bagi minat dan kinerja siswa manajemen dalam pendidikan STEM dan pengembangan STEM literasi mereka. Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan bagaimana Komponen STEM terkait. Karena teknik memerlukan penerapan matematika dan sains melalui pengembangan teknologi, teknik ini dapat memberikan cara untuk mengintegrasikan disiplin STEM secara bermakna.

Selain itu, STEM adalah referensi dalam pengembangan profesional untuk mendukung siswa dan guru dengan berbagai tingkat pengalaman dan keahlian konten untuk membuat hubungan eksplisit antara kendala kurikulum dan kemungkinan pemecahan masalah terbuka dalam konteks dunia nyata. Pengembangan yang wajar dan orientasi STEM yang realistis untuk guru sangat penting. Komunitas pendidikan melihat ke arah keterlibatan yang lebih luas dengan STEM untuk masa depan. Banyak upaya integrasi STEM berkisar pada rekayasa dan rekayasa desain sebagai dorongan untuk mempelajari sains, matematika, dan konten teknologi. Kerangka Dewan Riset

Nasional untuk Pendidikan Sains K-12 (2012) mengartikulasikan dan membahas peran teknik sebagai mekanisme di mana siswa dapat mempelajari konsep-konsep ilmiah yang bermakna (Moore et al, 2014).

Laporan nasional berpengaruh lainnya yang mendukung integrasi teknik ke dalam disiplin STEM, Teknik dalam Pendidikan K-12: Memahami Status dan Meningkatkan Prospek, menyatakan bahwa “ada nilai potensial yang cukup besar, terkait dengan motivasi dan prestasi siswa, dalam meningkatkan kehadiran teknologi dan, khususnya, teknik dalam pendidikan STEM di Amerika Serikat dengan cara yang mengatasi kurangnya integrasi saat ini dalam pengajaran dan pembelajaran STEM”. Dalam rangka mempersiapkan siswa untuk mengatasi masalah masyarakat kita yang semakin teknologi, perlu untuk memberikan siswa kesempatan untuk memahami masalah ini melalui pengalaman yang kaya, menarik, dan kuat yang mengintegrasikan disiplin STEM, khususnya menggunakan teknik (Moore et al, 2013).

Indikator kunci kerangka kerja untuk pendidikan teknik K-12 yang berkualitas ditentukan berdasarkan tinjauan literatur yang ekstensif,

kriteria yang ditetapkan untuk organisasi sarjana dan profesional, dan berkonsultasi dengan para ahli di bidang pendidikan teknik dan teknik. Urutan indikator kunci dalam kerangka dipilih secara hati-hati berdasarkan sejauh mana tolok ukur itu unik atau sentral untuk rekayasa dibandingkan dengan disiplin ilmu lainnya.

Penerapan ilmu pengetahuan sangat banyak ditemukan pada produk-produk teknologi. Bisa jadi sebaliknya, sains ditemukan dalam munculnya produk-produk teknologi. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran IPA dalam konteks teknologi dan desain berpotensi untuk meningkatkan literasi sains. Mahasiswa dapat lebih memaknai pentingnya ilmu pengetahuan bagi perkembangan teknologi, begitu pula sebaliknya. Pendidikan STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) saat ini menjadi alternatif pembelajaran sains yang dapat membangun generasi yang mampu menghadapi abad 21 yang penuh tantangan (Permanasari, 2016).

Ada juga rumusan masalah dari penelitian ini yaitu “Bagaimana Pengaruh Pembelajaran Berbasis

STEM dalam Meningkatkan Kemampuan Teknis Siswa?

### **B. Metode Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kemampuan teknik mahasiswa. Metodologi dalam penelitian ini menggunakan metode survei kuantitatif dengan penjelasan yang mendalam (explanatory survey method), responden dalam penelitian ini adalah siswa kelas XI SMK PP Lembang Bidang Agribisnis Hasil Pertanian (APHP). Data yang diperoleh merupakan hasil observasi kelompok. Sekolah ini dipilih karena sekolah tersebut sudah mulai menerapkan pembelajaran berbasis STEM untuk beberapa mata pelajaran. Setelah siswa diberikan materi dengan pembelajaran berbasis STEM dan tugas mandiri, siswa dapat menggambarkan apa yang telah mereka lakukan dan membuat laporan tentang bagaimana pengalaman mereka di lapangan dan diakhiri dengan melaporkan masalah yang dihadapi siswa dan solusinya. Penilaian peserta didik menggunakan rubrik pendidikan mutu K-12 menggunakan teknis rubrik penilaian kinerja.

Kerangka Dewan Riset Nasional untuk Pendidikan Sains K-12 (2012) mengartikulasikan dan membahas peran teknik sebagai mekanisme pembelajaran di mana siswa mendapatkan konsep-konsep ilmiah yang bermakna (Moore et al, 2014). Kerangka tersebut memiliki 12 indikator utama yang, jika digabungkan, merangkum pendidikan teknik yang berkualitas untuk semua siswa selama pendidikan K-12 mereka. Gambar 1 memberikan daftar singkat dari indikator kunci dari kerangka kerja. Urutan indikator kunci dalam kerangka dipilih secara hati-hati berdasarkan sejauh mana indikator itu unik atau sentral untuk rekayasa dibandingkan dengan disiplin ilmu lainnya. Indikator kunci yang muncul di awal (misalnya, Proses Desain) dianggap mendefinisikan karakteristik rekayasa. Sedangkan, indikator kunci yang muncul kemudian (misalnya Teamwork), meskipun penting untuk teknik, adalah konsep yang diperlukan untuk sukses dalam berbagai disiplin ilmu. Perbedaan yang jelas dibuat antara indikator kunci dari kerangka kerja untuk tujuan evaluatif dan pembangunan pengetahuan, meskipun dalam kenyataannya banyak indikator dan penggunaannya

tumpang tindih. Perbedaan dibuat dalam upaya untuk membantu pengguna memahami bagaimana teknik memiliki banyak segi, bukan untuk memberi nilai atau memberikan penilaian pada berbagai aspek pendidikan teknik. Subbagian di bawah ini menjelaskan setiap indikator kunci secara rinci. Perbedaan dibuat dalam upaya untuk membantu pengguna memahami bagaimana teknik memiliki banyak segi, bukan untuk memberi nilai atau

memberikan penilaian pada berbagai aspek pendidikan teknik. Subbagian di bawah ini menjelaskan setiap indikator kunci secara rinci. Perbedaan dibuat dalam upaya untuk membantu pengguna memahami bagaimana teknik memiliki banyak segi, bukan untuk memberi nilai atau memberikan penilaian pada berbagai aspek pendidikan teknik. Subbagian di bawah ini menjelaskan setiap indikator kunci secara rinci.

Key Indicators
Processes of Design (POD)
Problem and Background (POD-PB)
Plan and Implement (POD-PI)
Test and Evaluate (POD-TE)
Apply Science, Engineering, and Mathematics (SEM)
Engineering Thinking (EThink)
Conceptions of Engineers and Engineering (CEE)
Engineering Tools (ETool)
Issues, Solutions, and Impacts (ISI)
Ethics
Teamwork (Team)
Communication Related to Engineering (Comm-Engr)

Gambar 1. Kerangka Mutu Pendidikan K-12 Teknik.

Proses desain berada di pusat praktik rekayasa. Memecahkan masalah teknik adalah proses berulang yang melibatkan persiapan, perencanaan, dan evaluasi solusi pada setiap tahap termasuk desain ulang dan peningkatan desain saat ini. Pada tingkat K-12, siswa harus

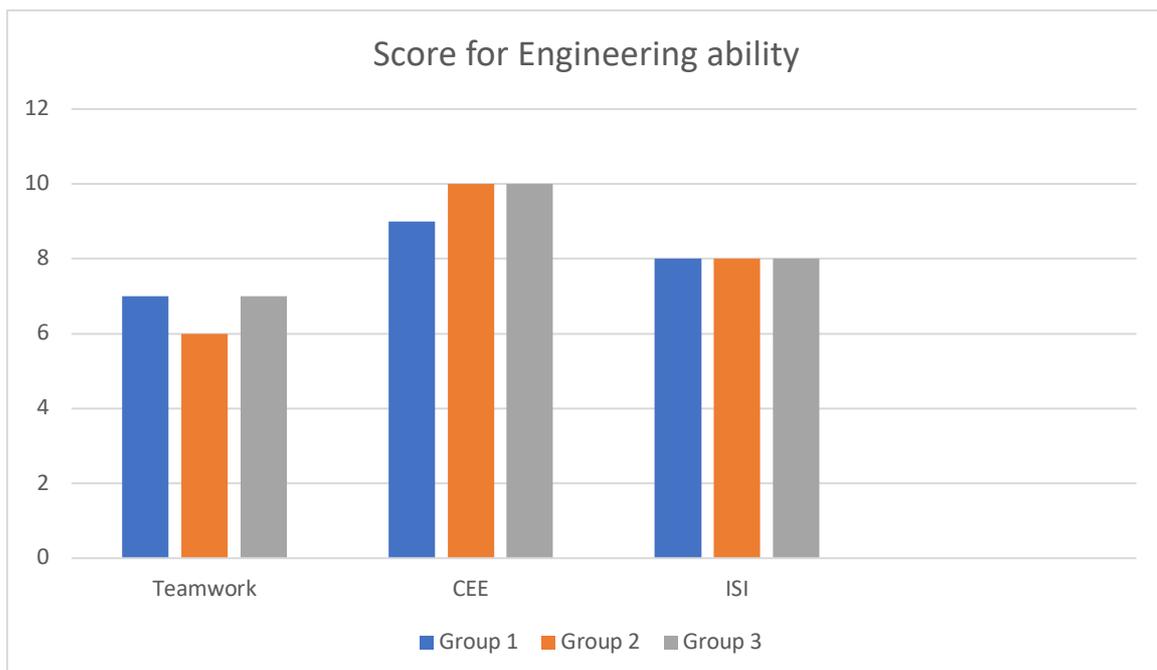
mempelajari elemen inti dari proses desain teknik dan memiliki kesempatan untuk menerapkan proses tersebut sepenuhnya dalam situasi yang realistis. Meskipun proses desain dapat digambarkan dalam berbagai bentuk, karakteristik tertentu sangat mendasar. Namun peneliti

hanya mengambil tiga indikator, indikator ini mewakili ketiganya yaitu Conceptions of Engineers and Engineering (CEE), Issues, Solutions and Impacts (ISI), dan Teamwork (team).

### **B. Hasil Penelitian dan Pembahasan**

Analisis Dari kerja sama tim, hasil yang ditunjukkan oleh ketiga kelompok dalam kontribusi tim atau kerja kelompok yang meliputi kontribusi, tanggung jawab dan menilai anggota kelompok lain telah mencapai kemampuan teknik tim cukup memuaskan. Aspek penting dari pendidikan teknik K-12 adalah mengembangkan kemampuan siswa untuk berpartisipasi sebagai anggota

tim yang berkontribusi. Dalam kelompok kecil ini, siswa terlibat dalam bekerja sama menuju tujuan bersama atau tugas proyek. Kerja tim seperti ini menunjukkan bagaimana siswa dapat mengembangkan keterampilan kerja tim yang efektif, berpartisipasi dan berkolaborasi dalam kelompok karena kegiatan ini memungkinkan siswa untuk menemukan berbagai asumsi atau ide yang bervariasi. Selain itu, hasil kerja tim ini dapat menunjukkan beberapa keterampilan lain seperti mengembangkan keterampilan mendengarkan yang baik, kemampuan menerima berbagai perspektif, atau belajar berkompromi dengan melibatkan seluruh anggota tim dalam prosesnya.



\*belum dipindahkan ke skala persentase

Gambar 2. Rata-rata pencapaian hasil yang dihasilkan siswa

Analisis dari Konsepsi Insinyur dan Teknik(CEE) atau impact of engineering solutions menunjukkan bahwa Hasil Engineering Impact yang ditunjukkan oleh ketiga kelompok tersebut sangat memuaskan. Dalam rubrik dampak teknik mencakup empat hal yang harus dipikirkan siswa, yaitu: dampak global yang dihasilkan, faktor ekonomi yang akan dihadapi, dampak sosial yang mereka lakukan, dan dampak lingkungan yang akan mereka hasilkan. Selain itu, mahasiswa dituntut untuk mampu menyiapkan pengetahuan tentang kejadian terkini dan permasalahan kontemporer secara lokal dan global (seperti isu perkotaan/pedesaan, transportasi, dan isu air minum), yang akan membantu mewujudkan kesadaran akan permasalahan realistik yang ada di perubahan ekonomi global kali ini. Ketiga kelompok tersebut menunjukkan pemahaman yang cukup mendalam terhadap permasalahan yang mereka hadapi di lapangan dengan permasalahan yang biasa terjadi (global) dan permasalahan yang mungkin timbul dan bersifat jangka

panjang (ekonomi). Ketiga kelompok tersebut menunjukkan sikap yang cukup kritis saat menyampaikan penyampaian hasil karyanya yang dikaitkan dengan dampak sosial dan dampak lingkungan yang akan mereka hadapi nantinya. Dampak sosial yang mereka kemukakan menyangkut bagaimana produk atau proyek yang mereka garap dapat diterima oleh masyarakat baik sekarang maupun nanti.

Siswa memikirkan manfaat dan risiko keseluruhan dari apa yang mereka hasilkan untuk masyarakat. Untuk dampak lingkungan, masing-masing kelompok menyajikan kemungkinan dampak jangka panjang dan mengusulkan beberapa gagasan yang mereka miliki untuk meminimalkan beberapa dampak lingkungan yang mungkin merusak lingkungan. Penelitian lain menyatakan Kerangka kerja telah digunakan sebagai alat evaluasi dan pengembangan untuk kebijakan dan penelitian tentang teknik K-12 dan pendidikan STEM. Kerangka kerja telah digunakan untuk menilai status teknik saat ini di semua standar sains

akademik 50 negara bagian AS (Moore, Tank, et al., 2013) dan juga diterapkan pada standar karir dan pendidikan teknis nasional untuk mendapatkan gambaran tentang bagaimana teknik saat ini diwakili dalam sistem pendidikan K-12 kami. Kerangka kerja telah dipresentasikan kepada Komite Akademi Teknik Nasional untuk Pendidikan STEM Terpadu (Moore, 2012) untuk pekerjaan mereka dalam mengembangkan agenda penelitian strategis nasional untuk menentukan pendekatan dan kondisi yang paling mungkin mengarah pada hasil positif dari pendidikan STEM terintegrasi. Akhirnya, kerangka kerja telah diterapkan pada penilaian konten teknik tingkat siswa untuk digunakan dalam penelitian untuk memastikan pandangan komprehensif tentang teknik hadir (Moore, Imbertson, Guzey, Roehrig, & Davis, 2013–2018). Penggunaan ini memberikan gambaran tentang kemungkinan bagaimana kerangka kerja dapat digunakan untuk mengevaluasi inisiatif pendidikan teknik yang ada.

Dan yang terakhir, Analisis Issues, Solutions and Impacts (ISI) atau pengetahuan tentang isu-isu kontemporer menunjukkan hasil dari

ketiga kelompok menunjukkan bahwa siswa telah mencapai pengetahuan dan keterampilan dalam pemecahan masalah. Ketiga kelompok tersebut telah merancang suatu rencana, prototipe atau model yang harus dikerjakan, kemudian diujicobakan oleh masing-masing kelompok. Dengan kegiatan ini, siswa dapat bereksperimen dan mengumpulkan data (dan/atau data yang diberikan) untuk menganalisis apa yang mereka temukan langsung di lapangan. Keterampilan pemecahan masalah merupakan prasyarat untuk kemampuan rekayasa. Proses engineering design dimulai dari mengidentifikasi permasalahan yang ada. Ketika dihadapkan pada masalah yang dihadapinya, siswa harus merumuskan rencana apa yang akan dilakukan sehingga dapat mengidentifikasi pemecahannya. Tahap ini juga mencakup mengkaji masalah, berpartisipasi dalam kegiatan pembelajaran untuk mendapatkan latar belakang pengetahuan yang diperlukan, dan mengidentifikasi kendala.

Hasil pemecahan masalah untuk ketiga kelompok tampak memiliki nilai yang setara, yang berarti siswa mampu mengembangkan rencana

dan mempresentasikan solusi dari apa yang telah mereka lakukan. Siswa telah merencanakan proyek, melaksanakan dan meninjau pelaporan. Pada saat pelaporan, siswa menemukan berbagai kendala atau masalah yang terjadi. Namun permasalahan atau permasalahan yang mereka temukan langsung mendapatkan berbagai solusi dari anggotanya masing-masing dan didiskusikan oleh kelompoknya. Siswa menyampaikan solusi yang mereka hadapi tetapi mereka mengevaluasi kembali solusi yang mereka miliki bersama kelompok lain. Pada tahap ini diakhiri dengan beberapa masukan dari kelompok lain, membuat rencana, prototipe, atau produk lainnya.

Menurut penelitian Ali M, 2013 Hasil penelitian siswa telah mencapai pengetahuan dan keterampilan yang ditentukan dalam hasil isu kontemporer. Namun demikian hasil yang berkaitan dengan tingkat kepercayaan diri mereka terhadap kemampuan mereka tidak sesuai dengan hasil penilaian langsung. Tampaknya ini terkait dengan apa yang telah diidentifikasi oleh salah satu penulis dalam makalah ASEE yang disajikan pada tahun 2007.

#### **D. Kesimpulan**

Dalam makalah ini, kami telah menggambarkan pengembangan Kerangka Pendidikan Teknis K-12 Berkualitas dengan STEM terintegrasi untuk memberikan pembenaran berbasis penelitian untuk struktur dan isinya.

Kerangka kerja ini dibuat untuk memenuhi kebutuhan yang berkembang akan definisi yang jelas tentang pendidikan teknik K-12 yang berkualitas. Metodologi pengajaran dan pendekatan penilaian berbasis rubrik untuk keterampilan kemampuan teknik disajikan. Keterampilan, pengetahuan, dan sikap yang ditentukan untuk hasil siswa dibangun melalui hasil belajar. Metode penilaian dirancang untuk menghasilkan bukti yang meyakinkan tentang pencapaian keterampilan ini oleh mahasiswa teknik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan dan memberikan bukti fase 1 validitas instrumen sederhana untuk menilai pembelajaran mahasiswa literasi teknik. Hasil memberikan bukti bahwa penilaian merupakan langkah penelitian pertama dalam mengembangkan kemampuan rekayasa. Tanggapan siswa tambahan untuk penilaian akan terus

dikumpulkan sebagai bagian dari proyek penelitian yang lebih besar, seperti halnya variabel eksternal seperti penilaian yang diamanatkan negara yang dapat memberikan bukti validitas. Penelitian ini hanyalah awal untuk melakukan penelitian lebih lanjut. karena masih harus mengembangkan beberapa penilaian untuk melihat kemampuan engineering mahasiswa kedepannya.

Penelitian ini diharapkan dapat memotivasi para penggiat pendidikan khusus bagi guru atau dosen bidang Biologi untuk memfasilitasi, mengembangkan keterampilan siswa agar dapat berkembang secara optimal dalam upaya membangun pemahaman, dan kemampuan siswa yang lebih baik. karena masih harus mengembangkan beberapa penilaian untuk melihat kemampuan engineering mahasiswa kedepannya. Penelitian ini diharapkan dapat memotivasi para penggiat pendidikan khusus bagi guru atau dosen bidang Biologi untuk memfasilitasi, mengembangkan keterampilan siswa agar dapat berkembang secara optimal dalam upaya membangun pemahaman, dan kemampuan siswa yang lebih baik. karena masih harus mengembangkan beberapa penilaian

untuk melihat kemampuan engineering mahasiswa kedepannya. Penelitian ini diharapkan dapat memotivasi para penggiat pendidikan khusus bagi guru atau dosen bidang Biologi untuk memfasilitasi, mengembangkan keterampilan siswa agar dapat berkembang secara optimal dalam upaya membangun pemahaman, dan kemampuan siswa yang lebih baik.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Ali M. Al-Bahi, Mahmoud A. Taha, dan Nedim Turkmenistan. (2013). Mengajar dan Menilai Keahlian Profesional Rekayasa. *iJEP* Volume 3, Edisi Khusus 3: "EDUCON2013", Juni 2013
- Ismail. 2016. STEM Virtual Lab: Media Praktikal Alternatif untuk Mengubah Kemampuan Siswa Literasi Ilmiah. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia* . JPPI 5 (2) (2016) 239-246. <http://journal.unnes.ac.id/index.php/jpii>
- Ismailiyah. A. 2016. Pengaruh Penerapan STEM Project-Based Learning terhadap Kreativitas Matematis Siswa SMK. *Jurnal Digital Indonesia Matematika dan Pendidikan* Jilid 3 Nomor 4 Tahun 2016.

- Jones, R, B. 2008. Sains, Teknologi, Teknik, dan Matematika. [Online]. Diakses tanggal 15 April 2015. <http://www.learning.com>.
- Moore, TJ, Glaancy, AW, Tank, KM, Kersten, JA, Stohlmann, MS, Ntow, FD, & Smith, KA (2013). Kerangka kerja untuk menerapkan pendidikan teknik K-12 yang berkualitas. Makalah dipresentasikan pada Tahunan ASEE (American Society for Engineering Education) 2013. Konferensi, Atlanta, GA. Moore, Tamara J.; Sekilas, Aran W.; Tank, Kristina M.; Kersten, Jennifer A.; Smith, Karl A.; dan Stohlmann, Micah S. (2014) "A Framework for Quality K-12 Engineering Education: Penelitian dan Pengembangan," Jurnal Penelitian Pendidikan Teknik Pra-Perguruan Tinggi (JPEER): Jil. 4: Ist. 1, Pasal 2. <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1069>
- Dewan Riset Nasional. (2009). Teknik dalam pendidikan K-12: Memahami status dan meningkatkan prospek. Washington, DC: Akademi Nasional.
- Standar Sains Generasi Selanjutnya. 2013. Volume 1: Standar—Diatur oleh Disiplin Ide Inti dan Topik. Pers Akademi Nasional.
- Permanasari, A. (2016). Pendidikan STEM: Inovasi dalam Pembelajaran Sains. Dalam Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Sains "Peningkatan Kualitas Pembelajaran Sains dan Kompetensi Guru melalui Penelitian & Pengembangan dalam Menghadapi Tantangan Abad 21". Surakarta: Universitas Negeri Sebelas Maret.
- Tsupros, N., Kohler, R., & Hallinen, J. (2009). Pendidikan STEM: Sebuah proyek untuk mengidentifikasi masalah komponen. Unit Menengah 1 dan Carnegie Mellon, Pennsylvania.
-