



Pendekatan *Science Technology Engineering Math* (STEM) Pada Mahasiswa Pendidikan Teknik Mesin Di Era Revolusi Industri 5.0

Fadliyanti Firdausia^{a,1*}, Yoto^{a,2}

^a Universitas Negeri Malang, Indonesia

¹ Fadliyanti.firdausia.2305518@students.um.ac.id; ² Yoto.ft@um.ac.id

* penulis korespondensi

Informasi Artikel

Riwayat Artikel:

Received, Oktober 2023

Accepted, Desember 2023

Published, Desember 2023

Kata Kunci:

STEM, Pendidikan, Revolusi Industri, Kreatif, Berpikir Kritis.

Cara Mengutip:

Fadliyanti & Yoto (2022). Pendekatan *Science, Technology, Engineering, Math* (STEM) pada Mahasiswa Pendidikan Teknik Mesin di Era Revolusi Industri 5.0. *Jurnal Dimensi Pendidikan dan Pembelajaran Universitas Muhammadiyah Ponorogo*, 11 *Special Issue*(1), pp 221-232.

Abstrak (Times New Roman, 15, *Subscript, Bold*)

Meningkatkan pendidikan yang bermutu sesuai dengan kompetensi di era abad 21 saat ini dapat diupayakan dengan menggunakan salah satu metode yaitu *Science Technology Engineering Math* (STEM) yang sejalan dengan perkembangan industri menuju industry 5.0. Pendekatan STEM diharapkan dapat membuat individu bersaing secara global dalam menghadapi kebaruan, kemajuan, dan perubahan signifikan yang terjadi di lingkup nasional maupun internasional. Untuk menghadapi tantangan global siswa dilatih agar mampu berkomunikasi, berpikir kritis, mengasah kreatifitas, dan menyelesaikan masalah. Dengan penerapan metode penelitian *Systematic Literature Review*, maka penelitian bersumber dari artikel, buku, dan teori-teori pendukung yang relevan dengan topik yang diambil kurang lebih 85 literatur yang telah terbit pada rentang waktu antara tahun 2013 sampai tahun 2023 di dalam dunia pendidikan yang terkolaborasi STEM untuk menyongsong revolusi industri. Dalam kajian artikel SLR ini dimana tujuannya ialah memperoleh deskripsi empiris yang relevan tentang pembelajaran yang terintegrasi STEM pada jenjang mahasiswa Pendidikan Teknik Mesin dan implementasi yang telah di terapkan.

Abstract

Improving quality education by competencies in the current 21st-century era can be pursued using a method named Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) in line with industrial development towards industry 5.0. STEM is expected to be capable approach can make individuals compete globally in facing newness, progress, and significant changes at the national and international levels. Therefore, To confront global challenges, students are trained to be able to communicate, think critically, hone their creativity, and solve problems. By using the Systematic Literature Review research method, the research comes from articles, books, and supporting theories that are relevant to the topic taken from approximately 85 pieces of literature published between 2013 and 2023 in the world of STEM-collaborated education for welcoming the industrial revolution. In this SLR article study, the aim is to obtain a relevant empirical description of STEM-integrated learning at the level of Mechanical Engineering students so far it has been implemented.

PENDAHULUAN

Kondisi revolusi industry 5.0 tidak dapat lagi kita pungkiri perkembangannya, yang berdampak besar mulai dari ekonomi, teknologi, industry, bahkan dunia pendidikan. Pada teknologi salah satunya ialah munculnya *Artificial Inteligen* (AI) atau kecerdasan buatan menurut Noor dan Manantan (2022) telah sampai di Asia Tenggara dan ada 5 negara yang mau menerima potensi transformatif data dan AI tersebut. Sekitar 65% anak usia sekolah saat ini nantinya akan mendapatkan pekerjaan yang saat ini belum ada karena semakin berkembangnya zaman. Terdapat 45% peralihan pekerjaan yang melibatkan manusia akan dialihkan dan digantikan oleh robot serta AI di tahun 2022 (*World Economic Forum*, 2018). 60% perguruan tinggi di seluruh dunia akan beralih pada teknologi *virtual reality* (VR) di tahun 2021 dalam menciptakan lingkungan pembelajaran yang imersif (Gartner, 2018).

Sejalan dengan perkembangan ilmu teknologi saat ini, berbagai aspek-aspek tertentu dapat beralih dari manusia ke dalam bentuk sistim, robot, AI, *big data analytics*, *Internet of Things*, *Augmented Reality*, *Virtual Reality*, hingga 3D printing, sehingga lapangan pekerjaan yang semakin lama akan beralih fungsi dimana memberikan beban dan tugas baru bagi para calon pekerja dimana pekerjaan akan semakin bergeser dari pekerjaan manual pekerjaan akan bergeser dari pekerjaan manual ke pekerjaan rutin/berulang menjadi perkerjaan dengan kognitif/kreatif. Pada akhirnya kesuksesan ditentukan oleh kemampuan kolaborasi “*human and robot*” (Mulyani, 2019). Meskipun perangkat lunak dan komputer telah menggantikan tenaga kerja dalam beberapa tugas kerah putih, keduanya secara bersamaan menciptakan banyak tugas baru (Acemoglu dan Restrepo, 2019).

Perkembangan di dalam dunia pendidikan, dimana berkembangnya ilmu pengetahuan serta teknologi secara tidak langsung menuntut sistem pendidikan untuk berkembang secara berkelanjutan. Membangun orientasi mutu pendidikan di Indonesia tidak hanya sebagai amat negara, tetapi sudah menjadi tuntutan global bahwasannya pendidikan mengambil peran penting bagi penguatan mutu sumber daya manusia menuju masyarakat cerdas dan trampil. Terbukti bahwa pendidikan di Indonesia sudah baik sejauh ini menurut data Ipsos (2023) Indonesia menduduki peringkat ke-5 di dunia yang dinilai memiliki kualitas pendidikan yang baik, sebesar 53% responden asal Indonesia.

Tidak hanya penyesuaian metode dalam pengembangan pembelajran namun terdapat dasar *soft skill* versi Tony Wagne, (2018) dalam Mulyani, (2019) yang perlu ditanamkan pada peserta didik yaitu; berpikir kritis dan pemecahan masalah; kolaborasi lintas jaringan; ketangkasan dan kemampuan beradaptasi; Inisiatif dan kewirausahaan; Mengakses dan menganalisis informasi; komunikasi yang efektif; rasa ingin tahu dan imajinasi. Anak generasi sekarang atau kita sebut dengan gen Z sangat familiar dengan teknologi saat ini, maka dari itu pemanfaatan teknologi sudah menjadi hal yang harus di terapkan dalam pendidikan. Begitu cepat menyerap informasi melalui jejaring sosal media, mampu mencari pengetahuan yang mereka butuhkan dari sumber-sumber yang saat ini sedang tranding menjadikan salah satu dampak positif dari berkembangnya sebuah teknologi di era anak milenial.

Dalam hal meningkatkan Sumber Daya Manusia (SDM) dimana salah satunya ialah yang dilakukan melalui pendidikan, karena indikator keberhasilan suatu negara dapat dilihat dari kualitas sumber daya manusianya. Oleh sebab itu, memperhatikan aspek-aspek penunjang pendidikan serta isu yang berkembang perlu diperhatikan dalam membangun strategi pembaharuan pendidikan yang lebih baik. Menurut Delita *et al.*, (2016) pendidikan adalah salah satu sarana yang memiliki peran sentral dan strategis sebagai pendukung kemajuan suatu negara sejalan dengan tujuannya. Sebagai mana yang disebut dalam Undang-Undang Sistem Pendidikan Nasional bahwa fungsi dasar pendidikan menjadi suatu alat pengembangan kemampuan, sifat

bermartabat dalam rangka mencerdaskan kehidupan bangsa. Tidak hanya terbatas oleh orientasi aspek kognitif mahasiswa tetapi indicator kualitas pendidikan juga berorientasi pada aspek keterampilan, nilai, dan sikap (Hartono & Asiyah, 2018).

Pendidikan di skala universitas tidak luput dalam memanfaatkan teknologi yang dilengkapi dengan sistim pendukung aktivitas dan pengelolaan perkuliahan. Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Malang sebagai pusat keunggulan dan rujukan dalam penyelenggaraan pendidikan tenaga kependidikan dan pengembangan serta penerapan ilmu dan teknologi kependidikan teknik mesin. Dimana yang output lulusannya dapat berorientasi dalam dunia pendidikan maupun dunia industri tentunya dan diharapkan dapat berkembang sehingga tercapailah tujuan dari misi misi lembaga pendidikannya.

Proses pembelajaran yang berkualitas mampu mengarahkan peserta didik untuk beradaptasi dengan perkembangan secara global saat ini dalam hal pemenuhan tenaga kerja yang terdidik dan berkualitas sesuai kriteria dan kualifikasi abad-21. Berbagai macam cara dalam memecahkan masalah di antaranya ialah kecakapan *problem solving* di kehidupan nyata dalam lingkup pemanfaatan teknologi yang saat ini berkembang. Menurut Erdogan dan Ciftci (2017) pengaruh STEM dalam pengembangan keterampilan abad-21 sangat berperan penting, oleh karena itu potensi yang besar untuk dikembangkan dalam pendidikan dan terintegrasi dalam pembelajaran.

Kompetensi yang diharapkan dapat menjadi penerus tenaga pendidik pada sekolah menengah kejuruan (SMK), memiliki keterampilan di bidang teknik manufaktur dan produksi, serta menjadi instruktur diklat/pelatihan manufaktur pada lembaga pemerintah maupun swasta. Mencapai kompetensi tersebut tentunya dilakukan berbagai metode pembelajaran yang sesuai seiring perkembangan zaman. Pendekatan STEM menjadi salah satu pilihan yang dapat diimplementasikan pada mahasiswa pendidikan Teknik mesin yang secara umum bidang perkuliahannya memenuhi aspek daripada STEM tersebut. Kajian literatur ini mendeskripsikan pendekatan pembelajaran STEM bermanfaat bagi peserta didik agar memiliki kompetensi abad 21 dengan menyongsong revolusi industry 5.0 yang mampu memenuhi aspek 4C yaitu *critical thinking, creativity, collaborative, and communicative*.

TINJAUAN PUSTAKA

STEM merupakan metode pembelajaran terstruktur yang dikorelasikan dengan disiplin ilmu *Science, Technology, Engineering and Math* yang digunakan pertama kali oleh NSF pada tahun 1990 di Amerika Serikat. STEM menjadi pendekatan yang menggabungkan keempat disiplin ilmu secara terpadu dalam sebuah metode yang dikemas dalam pembelajaran berbasis masalah, dimana menerapkan pengetahuan dan keterampilan secara bersamaan demi menyelesaikan suatu kasus dan mencapai tujuan pembelajaran tertentu.

Penjelasan terkait unsur-unsur dalam STEM dijelaskan oleh Tarlakson (2014) dimana mendefinisikan yaitu; *Science*, sebagai hukum dan konsep pengetahuan dari alam yang dikenalkan oleh peserta didik; *Technology*, sebuah keterampilan atau sistem untuk mengorganisir, mengatur, dan memudahkan masyarakat dalam bekerja yang berupa alat bantu; *Engineering*, ilmu pengetahuan dimana mengoperasikan atau merancang suatu prosedur sebagai alat bantu menyelesaikan masalah; *Math*, ilmu dengan ilmu empiris melibatkan angka, besaran, ruang dengan metode perhitungan. Jika STEM diintegrasikan dengan baik secara maksimal maka hasilnya dapat membantu peserta didik dalam pemecahan masalah dalam proses belajar. Fokus pendidikan STEM di setiap tingkatan pendidikan memiliki perbedaan yang disesuaikan dengan kemampuan berpikir *kognitif*. Fokus pendidikan STEM pada tingkat pendidikan awal adalah mencetuskan dan memupuk minat peserta didik melalui aktivitas-aktivitas yang

dapat merangsang rasa ingin tahu peserta didik. Langkah awal ini memberikan pembelajaran berbasis masalah terstruktur dan berkaitan dengan dunia nyata yang menghubungkan keempat aspek STEM dalam menumbuhkan kebiasaan berpikir kritis (Setiawan, 2020).

Terciptanya peserta didik yang mampu berpikir kritis dapat memicu dan menumbuhkan kreatifitas yang tentunya menjadi tolak ukur keberhasilan suatu individu. Chafersman (1991) di dalam Ningtyas (2020) menyatakan berpikir kritis adalah kegiatan berpikir dengan baik dan benar dalam memperoleh pengetahuan yang reliabel dan relevan dengan masalah yang sedang dihadapi atau rasa keingintahuannya. Dengan menggunakan nalar, berefektif, bertanggung jawab, serta mampu berpikir kompleks adalah karakteristik dalam berpikir kritis. Tujuan dari berpikir kritis adalah paham akan masalah yang di hadapai serta dengan penuh kesadaran mengarah kepada suatu tujuan yang nantinya berpotensi dalam pengambilan keputusan. Kemampuan berpikir kritis pada zaman ini sangat diperlukan terutama pada peserta didik. manfaat yang dapat diperoleh dari berpikir kritis dalam jangka panjang mampu memberikan dukungan bagi peserta didik untuk manajemen keterampilan belajar dan memberdayakan individu dalam mengatur kontribusi secara kreatif pada profesi yang nantinya akan menjadi tujuan dan pilihan peserta didik kedepannya (Udi, 2015).

Menurut Erdogan dan Ciftci (2017) STEM memberikan peran penting dalam pengembangan keterampilan abad-21, oleh sebab itu pengembangan dengan dasar STEM secara integritas dalam pembelajaran dapat menjadi salah satu alternatif keefektifitasan belajar. Menjadi salah satu slogan reformasi di Amerika sebagai pembentuk SDM (*STEM-Work*), yang berkualitas sebagai daya saing antar negara. Memotivasi peserta didik pada saat ini perlu adanya inovasi dan inspirasi untuk memasuki era dalam bidang *science* dan *engineering* yang merupakan bidang profesi sebagai penopang pertumbuhan ekonomi dalam sebuah negara. Pendekatan STEM yang dilakukan oleh *Association of American Universities* (AAU) dengan tujuan meningkatkan pentingnya nilai pengajaran di sarjana STEM yang efektif dan terus mendorong penerapan pandangan sistemik reformasi pendidikan di dunia akademis telah mencapai kemajuan yang signifikan dalam bidang pendidikan (Nancy, 2015).

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) yaitu mengkaji hasil-hasil penelitian yang relevan untuk fakta yang komprehensif. Menurut Thovawira *et al*, (2021) dengan mengikuti Langkah-langkah dan protocol yang ditetapkan, metode penelitian SLR mampu mengidentifikasi jurnal secara sistematis dalam setiap prosesnya. Metode ini bertujuan menemukan, menganalisis, serta mengolah hasil penelitian yang mengacu pada literatur terkait menggunakan prosedur terorganisir, *transparent* yang dapat diimplementasikan pada setiap prosesnya (Juandi, 2021). Dapat dilihat bahwa Langkah-langkah metode SLR ini yaitu, 1) merumuskan masalah, 2) mencari artikel literatur yang relevan, 3) menggunakan karakteristik umum subjek penelitian, 4) evaluasi dan analisis hasil temuan, 5) menampilkan temuan penelitian (Andani *et al.*, 2021; Thovawira *et al.*, 2021). Pada penelitian dengan metode SLR dengan topik STEM sebagai pendekatan pada mahasiswa Pendidikan Teknik Mesin menuju revolusi Industri 5.0 maka dilakukan identifikasi, mengevaluasi dengan saksama, dan meringkas dari temuan-temuan yang ada dari studi relevan yang menggambarkan topik terkait (Thibaut *et al.*, 2018).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pendekatan Pembelajaran STEM pada Mahasiswa Pendidikan Teknik Mesin

Mempromosikan keunggulan pendidikan sarjana dalam naungan STEM di universitas diperlukan agar kita memiliki tenaga kerja yang sadar akan pentingnya STEM. Peran masyarakat

tentunya sangat berperan penting mendorong kemajuan bangsa di abad 21 ini. Kajian STEM di universitas dilakukan juga oleh Coleman et al., (2019) yang ngupas STEM di kampus *Association of American Universities* (AAU). Pembelajaran Abad ke-21 perlu lebih berkontribusi pada pengembangan kemampuan kerjasama, memecahkan masalah, kreativitas, dan inovatif yang berpotensi menopang ekonomi. Transformasi pendidikan sarjana STEM memerlukan banyak fasilitator atau “pengungkit” yang mendorong perubahan yang dapat mengimbangi kekuatan yang menopang praktik pengajaran yang tidak efektif dan yang mengatasi hambatan sistemik yang menghambat inovasi dan reformasi pendidikan (Austin dalam Coleman *et al.*, 2019).

Dalam Bybee (2013) terdapat beberapa tujuan dari Pendidikan STEM seperti halnya sadar akan pentingnya pengetahuan, pemahaman, isu-isu, ilmu disiplin, terkait STEM, memiliki sikap menganalisis dan mengidentifikasi masalah di dalam kehidupan sehari-hari sebagai masyarakat yang konstruktif, peduli, reflektif, dan sadar akan STEM. Memilih cara penerapan dan menyajikan di dalam pendekatan pembelajaran adalah kunci utama keberhasilan mengaktualisasikan capaian tujuan pembelajaran yang telah di rumuskan, sehingga perlu penerapan yang tepat dalam hal ini. Merujuk pada capaian pembelajaran yang akan diaktualisasikan kemudian di kembangkan cara penyajiannya (Fathoni, 2020). Bertujuan untuk meningkatkan hasil belajar dari peserta didik maka satu dari mata pelajaran STEM perlu disusun dan di rancang dalam suatu pembelajaran, contohnya hasil pembelajaran matematika dalam kelas teknologi ataupun teknik (Kang, 2019). Penerapan pembelajaran berbasis STEM menjadi pendekatan inovatis yang mampu mengintegrasikan multi disiplin ilmu sebagai pendukung individu mencapai pemahaman sains dan teknologi.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan dalam penerapan STEM pada mahasiswa Teknik Mesin, salah satunya di matakuliah Perancangan Konstruksi Mesin. Kurniawan (2019) dalam penelitiannya ia memberikan gagasan dalam pencapaian seorang mahasiswa yang dilatih untuk mengaplikasikan ilmu yang diperoleh dalam beberapa matakuliah sebagai dasar dan persyaratan yang telah ditempuh sebelumnya menggunakan cara merancang sebuah *prototipe* mesin sebagai *representasi* suatu inovasi dengan mengembangkan energi dan teknologi terbarukan. Pada saat merancang, mahasiswa diwajibkan memahami cara kerja mesin, menganalisis dan memilah bahan-bahan yang akan digunakan, serta memperhitungkan setiap komponen yang nantinya akan dirancang. Dari keseluruhan proses yang dikerjakan, mahasiswa dituntut untuk memahami ilmu-ilmu disiplin lain dari berbagai matakuliah yang telah ditempuh dan disiplin ilmu tersebut merupakan bagian dari aspek-aspek STEM tentunya. Disiplin ilmu yang terlibat seperti fisika Teknik, elemen mesin, CAD, dan matematika Teknik. Implementasi STEM dalam matakuliah Perancangan Konstruksi Mesin di PTM FT UM tersebut memberikan pandangan bahwa STEM sangat cocok digunakan pada penerapan pembelajar konstruksi mesin dikarenakan hal ini sangat berkaitan dengan karakteristik kegiatan pembelajaran berbasis STEM ialah dengan merencanakan, merancang, memperhitungkan, serta melakukan analisis investigasi di dalam kegiatan pembelajarannya (Duschl & Bybee, 2014; Yata, Ohtani, & Isobe, 2020).

Terdapat penelitian lainnya terkait STEM dalam jurusan Teknik Mesin yaitu STEM dalam Gambar Teknik. Gambar Teknik sendiri adalah program wajib dalam matakuliah Teknik Mesin dengan prinsip-prinsip dasar menggambar (Rohman, et al., 2019; Widiyana, et al., 2020). Tujuan dari capaian mata kuliah ini ialah mahasiswa mampu memproyeksikan objek tiga dimensi menjadi dua dimensi dari pengetahuan dan keterampilan memproyeksikan suatu benda yang dimiliki (Rohman, 2021). Menjadi salah satu matakuliah yang sangat penting dikarenakan gambar Teknik ini menjadi sarana komunikasi universal di kalangan sarjana Teknik (Naraya, *et al.*, 2026; Reddy, 2008; Bhemanyanyulu & Narayana, 2014).

Meiliki metode pembelajaran yang sesuai tentunya perlu direalisasikan demi mewujudkan penerapan STEM dalam pembelajaran. Inovasi model-model pembelajaran saat ini sangat

berfariasi seperti halnya dalam model *Project Base Learning* (PjBL) yang disesuaikan dengan perkembangan dunia pendidikan dan kebutuhan di dunia kerja saat ini. Bentuk penyesuaian dilakukandengan mengintegrasikan bidang *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) ke dalam penerapan PjBL atau disebut juga dengan PjBL STEM. Integrasi ini telah menjadi dasar prinsip dari keterkaitan antara sains, teknologi, dan bidang ilmu lain yang tidak terpisahkan (Afriana, *et al.*, 2016; Furi *et al.*, 2018). Seperti halnya yang katakana oleh Afriana, *et al.* (2016) terkait sains yang membutuhkan ilmu matematika dalam pengolahan data, lalu teknologi dan teknik yang merupakan bagian dari penerapan sains. Oleh sebab itu, integrasi STEM dalam pembelajaran khususnya model PjBL diharapkan mampu menciptakan keadaan, proses, serta hasil pembelajaran bermakna bagi peserta didik melalui integrasi yang teranalisis dan terencana.

Pada penelitian Capraro, *et al.*, (2013) terkait keilmuan teknik pada PJBL STEM menyatakan bahwa metode tersebut bermanfaat dalam menyediakan struktur yang sistematis sebagai metode yang dapat melatih mahasiswa memecahkan masalah yang kompleks, dan juga mampu melatih siswa berpikir kritis. (Bulu & Tanggur, 2021) menganalisis hasil penerapan model PjBL STEM mampu meningkat kreativitas, kemampuan berpikir kritis, dan sikap kolaboratif; serta dapat numbuhkan sikap tanggung jawab dalam pengambilan keputusan dan bekerja sama merencanakan ataupun mencetuskan ide-ide dalam sebuah kelompok (Mohamadi, 2018; Rosyidah *et al.*, 2020). Telah tervalidasi bahwa pada beberapa penelitian terkait STEM dimana STEM sangat berpengaruh terhadap hasil penilaian kinerja mahasiswa, dikarenakan terdapat pengaruh yang signifikan dari penerapan model pembelajaran PjBL STEM terhadap keterampilan pada matakuliah menggambar teknik pada mahasiswa Teknik Mesin.

Tidak hanya metode pembelajaran PjBL yang telah terintegrasi STEM, tetapi terdapat juga model pembelajaran lainnya yang bisa dikombinasikan dalam penerapan *science, technology, engineering, and math* ini yaitu, *Student Center Learning* (SCL) berbasis STEM atau disebut dengan SCLSTEM. Penerapan SCLSTEM yang didukung dengan pengembangan kebijakan pemerintah terkait merdeka belajar menjadi peluang bagi mahasiswa untuk terus mengembangkan pengetahuan, potensi, serta mempelajari hal-hal baru (Tjiptady, 2023). Pengembangan kurikulum digunakan sebagai acuan untuk mengembangkan pembelajaran dalam mencapai pendidikan yang bermutu dengan standar yang jelas, target yang terukur, dan budaya yang akan dicapai (Barry *et al.*, 2021).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa SCLSTEM dalam kurikulum pembelajaran merdeka terdiri dari beberapa aspek, yaitu: aspek penerapan model SCLSTEM, aspek penerapan LMS, aspek penerapan pertemuan virtual, aspek penerapan diskusi, aspek penerapan kelengkapan bahan ajar, pelaksanaan aspek kemudahan transfer ilmu melalui video pembelajaran, aspek pelaksanaan kemudahan penyelesaian tugas. Adanya SCL-STEM berbasis metaverse dalam kurikulum merdeka belajar juga dapat meningkatkan potensi mahasiswa teknik mesin. Membuat inovasi pembelajaran pada program studi teknik mesin yang dapat mengakomodir kebutuhan mahasiswa untuk belajar tanpa batas ruang dan waktu. Pembelajaran di era *metaverse* yang didukung dengan kebijakan pemerintah terkait merdeka belajar merupakan suatu peluang bagi mahasiswa untuk belajar tanpa batas dan mengembangkan potensinya.

Salah satu mata kuliah yang terintegrasi STEM pada mahasiswa jurusan Teknik Mesin ialah Perpindahan Panas dalam penelitian Pangestu (2023) yang mengembangkan media pembelajaran dengan materi *vehicle fins* di matakuliah Perpindahan Panas dengan basis PjBL terintegrasi STEAM di mahasiswa Teknik Mesin UNESA, dalam rangka membangun sara perkuliahan inovatif untuk meningkatkan capaian kemampuan dari mahsiswanya. Analisis dari hasil penelitian Pangestu dimana prosuk pengembangannya dapat memberikan kontribusi yang baik kepada mahasiswa dalam hal kemudahan materi, keefisiensi waktu dalam belajar,

pembelajaran yang menarik, penguasaan teknologi dengan melalui tiap aspek dan pendekatan STEAM yang telah diterapkan dalam kegiatan pembelajaran tersebut.

Dapat kita ketahui bahwa penerapan STEM pada mahasiswa Jurusan Teknik Mesin yang telah banyak dilakukan dalam menunjang matakuliah memiliki hasil yang baik dan terbukti mampu diterapkan, dikembangkan, dan direalisasikan dengan merujuk pada metode pembelajaran yang selaras dengan matakuliah yang dituju. Penerapan STEM pada universitas adalah bukti bahwa pembelajaran dalam dunia pendidikan saat ini telah melek akan penerapan STEM. Dengan potensi penerapan yang mudah dan didukung oleh lembaga makan STEM metode yang mampu memberikan pengaruh pada pengembangan individu, prganisasi, lembaga yang akan mempengaruhi sumber daya manusia sehingga lebih berkualitas dan bermutu secara nasional maupun internasioanal.

Pendekatan STEM Berkelanjutan Kedepannya

Pendekatan STEM yang berkelanjutan adalah pendekatan yang memadukan prinsip-prinsip STEM dengan pemikiran dan tindakan yang berfokus pada keberlanjutan lingkungan, social, dan ekonomi. Tujuan pembangunan berkelanjutan atau dikenal SDGs dan tantangannya terhadap kualitas pendidikan, memahami STEM sebagai cikal bakal dari pendekatan STEAM (Hal ini tentunya penting karena tantangan dan kebutuhan global semakin sulit sehingga memerlukan solusi yang berkelanjutan dan terintegrasi. Terdapat beberapa komponen penting dari pendekatan STEM berkelanjutan Menurut Sudikan (2015) yaitu interdisipliner dimana interaksi terhadap satu atau lebih disiplin ilmu yang berhubungan secara langsung maupun tidak langsung dengan tujuan penerapan *itegrasi* metode, konsep, dan analisis melalui program-program penelitian. Multidisipliner ini merupakan penggabungan beberapa disiplin ilmu dalam mengatasi masalah tertentu secara kolaboratif. Adapun transdisipliner ialah pengembangan sebuah teori aksioma yang diupayakan dengan cara membangun kaitan, keterhubungan antar disiplin. STEM berkelanjutan akan lebih mendalam untuk mempromosikan pendekatan interdisipliner sehingga tercipta pemahaman yang lebih komprehensif tentang tantangan yang berkelanjutan.

Dalam perkembangan masyarakat modern, sains diakui dapat memainkan peranan penting dalam perkembangan kemajuan teknologi dan pembangunan ekonomi berkelanjutan (Vuong et al., 2020). Bisa dikatakan sains, teknologi, teknik, dan disiplin matematika (STEM) telah menjadi lebih penting dari sebelumnya. Peningkatan penelitian STEM dapat menyamai tujuan akademis di antara negara-negara maju dengan sejarah penelitian dan pengembangan yang berkepanjangan dan sejahtera sebagai salah satu cara mengembangkan Pendidikan STEM yang terbukti berguna dan menantang (Kremer et al., 2013; Serpa et al., & Ferreira dkk. (2019). Dalam rangka mencapai tujuan masa depan maka perlunya amemperhatikan *Sustainable Development Goals* (SDGs) yang ditetapkan oleh PBB sebagai rencana pembangunan untuk mencapai masa depan yang lebih baik dan berkelanjutan terdapat 17 tujuan dan 169 capaian yang terukur. Tentunya rumuan tujuan ini melalui musyawarah dan kontribusi oleh negara-negara lintas pemerintahan di era resolusi PBB pada tahun 2015 sebagai rancangan capaian pembangunan Bersama hingga tahun 2030 (Aldi & Djakman, 2020).

Pendidikan merupakan sarana penting dalam mencapai SDGs (Wibowo & Sadikin, 2019). Kebijakan pendidikan memainkan peran penting dalam pelaksanaan pendidikan yang efektif untuk tujuan pengembangan berkelanjutan dan pengaruh pengembangan kurikulum, pelatihan guru, materi pembelajaran, dan lingkungan belajar. Setiap SDGs membutuhkan pendidikan untuk memberdayakan masyarakat dengan pengetahuan, kemampuan, keterampilan, dan nilai untuk mengembangkan diri dan berkontribusi pada masyarakat. Dalam konteks ini, pendidikan STEM menjadi penting dalam mempersiapkan generasi muda untuk mengatasi tantangan yang dihadapi masyarakat (Nguyen *et al.*, 2020).

Pendidikan STEM adalah pendekatan inovatif untuk pendidikan (Bissaker, 2014) yang memuat fitur secara ekstensif dalam langkah global kebijakan dan reformasi pendidikan. Pendidikan STEM mewakili multidisiplin pendekatan yang menggabungkan empat disiplin ilmu, teknologi, teknik, dan matematika. Pendekatan ini tidak hanya membahas tujuan reformasi kebijakan, seperti memastikan kompetensi di matematika dan sains, tetapi juga menekankan bahwa itu tidak lagi cukup untuk warga negara modern untuk memahami sains dan matematika; pengetahuan mereka harus dintegrasikan dengan teknologi dan teknik. (Stehle & Peters-Burton, 2019). Pendidikan STEM menggunakan pendekatan "berpusat pada peserta didik" untuk mengembangkan pengarah diri peserta didik, pemecahan masalah, kolaborasi, dan manajemen proyek (Margot & Kettler, 2019). Hal ini mendorong inovasi melalui penciptaan, merancang dan menghasilkan solusi untuk masalah dunia nyata dan menggunakan tantangan dunia nyata sebagai entri poin untuk integrasi disiplin STEM.

SIMPULAN

Perkembangan global ditandai dengan perkembangan teknologi yang selaras dengan revolusi industry tentunya. Pembelajaran dalam dunia pendidikan formal maupun non-formal memberikan kontribusi besar bagi individu dalam mengasah dan mengembangkan kemampuannya. Fasilitas pembelajaran yang semakin berkembang memberikan dampak positif bagi aspek pemerintahan, lembaga, individu di kelas nasional maupun internasional. Salah satu pendekatan dalam belajar yang saat ini saling terkait dan terhubung dengan teknologi yang berkembang adalah pendekatan *Scientific, Technologi, Engneering, and Math* (STEM). STEM menjadi pendekatan yang saat ini marak digunakan khususnya dalam perkuliahan di Universitas, hal tersebut memberikan dampak positif bagi mahasiswa khususnya mahasiswa Pendidikan Teknik Mesin. Terdapat beberapa penerapan yang diimplementasikan dalam mata kuliah dengan pendekatan STEM, pada penelitian ini seperti Perancangan Konstruksi Mesin, Gambar Teknik, Perpindahan Panas dan, pengembangan kurikulum yang terintegrasi STEM.

DAFTAR RUJUKAN

- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2019). Automation and New Tasks: How Technology Displaces and Reinstates Labor. *The Journal of Economic Perspectives*, 33(2), 3–30. <https://www.jstor.org/stable/26621237>
- Afriana, J., Permanasari, A., & Fitriani, A. (2016). Penerapan project based learning terintegrasi STEM untuk meningkatkan literasi sains siswa ditinjau dari gender. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 2(2), 202-212. <http://dx.doi.org/10.21831/jipi.v2i2.8561>
- Aldi, B., & Djakman, C. D. (2020). Persepsi Manajemen dan Stakeholders pada Pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs) dalam Sustainability Reporting. *Jurnal Riset Akuntansi dan Keuangan*, 8(2), 405-430.
- Andani, M., Pranata, O. H., & Hamdu, G. (2021). Systematic Literature Review: Model *Problem Base Learning* Pada Pembelajaran Matematika Sekolah Dasar. *PEDADIDAKTIKA: Jurnal Ilmiah Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 8(2), 404–417. <https://doi.org/10.17509/pedadidaktika.v8i2.35391>
- Bheemanjaneyulu, S., & Narayana, K. L. (2014). Drawing-The Engineer's Language. *i-Manager's Journal on Mechanical Engineering*, 4(2), 1.

- Bissaker, K. (2014). Transforming STEM education in an innovative Australian school: The role of teachers' and academics' professional partnerships. *Theory into Practice*, 53(1), 55-63. <https://www.jstor.org/stable/43893912>
- Bulu, V. R., & Tanggur, F. (2021). The Effectiveness of STEM-Based PjBL on Student's Critical Thinking Skills and Collaborative Attitude. *Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika*, 12(1), 219-228. <http://dx.doi.org/10.24042/ajpm.v12i1.8831>
- Bybee, R. W. 2013. *The case for STEM education: Challenges and opportunity*. Arlington, VI: National Science Teachers Association (NSTA) Press.
- Capraro, R. M., Capraro, M. M., & Morgan, J. R. (Eds.). (2013). *STEM project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach*. Springer Science & Business Media.
- Coleman, M. S., Smith, T. L., & Miller, E. R. (2019). Catalysts for Achieving Sustained Improvement in the Quality of Undergraduate STEM Education. *Daedalus*, 148(4), 29–46. <https://www.jstor.org/stable/48563391>
- Delita, F., Yetti, E., & Sidauruk, T. 2016. Peningkatan Soft Skills Dan Hard Skills Mahasiswa Melalui Project-Based Learning pada Mata Kuliah Perencanaan Pembelajaran Geografi. *Journal Geografi Universitas Negeri Medan*, 8(2),124–135. Retrieved from <http://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/geo/article/download/5776/5172>
- Duschl, R. A., & Bybee, R. W. (2014). Planning and carrying out investigations: An entry to learning and to teacher professional development around NGSS science and engineering practices. *International Journal of STEM education*, 1(1), 1-9. <https://doi.org/10.1186/s40594-014-0012-6>
- Erdogan, I., & Ciftci, A. (2017). Investigating the Views of Pre-Service Science Teachers on STEM Education Practices. *International Journal of Environmental and Science Education*, 12(5), 1055-1065.
- Fathoni, A. (2020). STEM: Innovation in Vocational Learning. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 17(1), 33-42 <https://doi.org/10.23887/jptk-undiksha.v17i1.22832>
- Ferreira, L. M., Carosso, G. A., Duran, N. M., Bohorquez-Massud, S. V., Vaca-Diez, G., Rivera-Betancourt, L. I., & Auza, L. G. (2019). Effective participatory science education in a diverse Latin American population. *Palgrave Communications*, 5(1%), 1-18.
- Furi, L. M. I., Handayani, S., & Maharani, S. (2018). Eksperimen model pembelajaran project based learning dan project based learning terintegrasi STEM untuk meningkatkan hasil belajar dan kreativitas siswa pada kompetensi dasar teknologi pengolahan susu. *Jurnal Penelitian Pendidikan*, 35(1), 49-60. <https://doi.org/10.15294/jpp.v35i1.13886>
- Gartner (2018) *Top 10 Strategic Technology Trends for 2020*. gartner.com/neswroom
- Hartono, D. P., & Asiyah, S. (2019). Pjbl untuk meningkatkan kreativitas mahasiswa: sebuah kajian deskriptif tentang peran model pembelajaran pjbl dalam meningkatkan kreativitas mahasiswa. *Jurnal Dosen Universitas PGRI Palembang*.
- Ipsos. (2023). *Global Education Monitor: People more likely to think their education system is poor than good*. <https://www.ipsos.com/en/global-education-monitor-2023>

- Juandi, D. (2021). *Heterogeneity of Problem-based Learning Outcomes for Improving Mathematical Competence: a systematic literature review*. Journal of Physics: Conference Series, 1722(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1722/1/012108>
- Kober N. (2015). "Creating Broader Contexts that Support Research-Based Teaching and Learning," *Reaching Students: What Research Says about Effective Instruction in Undergraduate Science and Engineering*. Washington, D.C.: The National Academies Press. <https://www.nap.edu/read/18687/chapter/8#203> dan Association of American Universities, *Progress toward Achieving Systemic Change: A Five-Year Status Report on the AAU Undergraduate STEM Initiative* (Washington, D.C.: Association of American Universities, 2017). The AAU's report documents the results of the AAU STEM Initiative to date. The AAU is committed to expanding the initial effort indefinitely by integrating continued support for undergraduate STEM education improvement into its ongoing portfolio of work.
- Kremer, M., Brannen, C., & Glennerster, R. (2013). The challenge of education and learning the developing world. *Science*, 340(6130), 297-300. <https://doi.org/10.1126/science.1235350>
- Kurniawan, A. A. N., Sudjimat, D. A., & Nurhadi, D. (2019). Karakteristik STEM dalam Perancang Konstruksi Mesin oleh Mahasiswa Pendidikan Teknik Mesin di Universitas Negeri Malang. *Teknologi dan Kejuruan: Jurnal Teknologi, Kejuruan, dan Pengajarannya*, 42(2), 96-106.
- Margot, R. C., & Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 6(1). 2. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>
- Mohamadi, Z. (2018). Comparative Effect of Project-Based Learning and Electronic Project-Based Learning on the Development and Sustained Development of English Idiom Knowledge. *Journal of Computing in Higher Education*, 30 (2), 363–85 <https://link.springer.com/article/10.1007/s12528-018-9169-1>
- Nancy Kober, "Creating Broader Contexts that Support Research-Based Teaching and Learning," *Reaching Students: What Research Says about Effective Instruction in Undergraduate Science and Engineering* (Washington, D.C.: The National Academies Press, 2015), <https://www.nap.edu/read/18687/chapter/8#203>; and Association of American Universities, *Progress toward Achieving Systemic Change: A Five-Year Status Report on the AAU Undergraduate STEM Initiative* (Washington, D.C.: Association of American Universities, 2017). The AAU's report documents the results of the AAU STEM Initiative to date. The AAU is committed to expanding the initial effort indefinitely by integrating continued support for undergraduate STEM education improvement into its ongoing portfolio of work.
- Narayana, K.L., Kannaiah, P., Reddy, K.V. (2006). *Machine Drawing: Third Edition*. New Delhi: New Age International (P) Ltd
- Nguyen, T. P. L., Nguyen, T. H., & Tran, T. K. (2020). STEM Education in Secondary Schools: Teachers' Perspective towards Sustainable Development. *Sustainability*, 12(21), 8865. <https://doi.org/10.3390/su12218865>
- Ningtyas, A. (2022). Kajian Teori: Pengembangan Bahan Ajar Model Problem Based Learning Bernuansa STEM Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis. *UNEJ E-*

- Proceeding*, , 441 - 454. Retrieved from <https://jurnal.unej.ac.id/index.php/prosiding/article/view/33534>
- Noor, E., & Manantan, M. B. (2022). Artificial Intelligence; Kecerdasan Buatan. In *MENAIKKAN STANDAR: DATA DAN KECERDASAN BUATAN DI ASIA TENGGARA* (pp. 85–134). Asia Society. <http://www.jstor.org/stable/resrep48546.11>
- Pangestu, P. D., & Arsana, I. M. Pengembangan Perangkat Pembelajaran Materi Vehicle Fins Mata Kuliah Perpindahan Panas Berbasis PjBL Terintegrasi STEAM Pada Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin FT UNESA. <https://doi.org/10.26740/jptm.v12n2>
- Pradani, Y. F., & Saepuddin, A. (2021). Efektivitas Model PjBL STEM dalam Meningkatkan Keterampilan Menggambar Teknik Mahasiswa. *Jurnal Taman Vokasi*, 9(2), 101-109. <https://doi.org/10.30738/jtvok.v9i2.11325>
- Reddy, K. V. (2008). *Textbook of Engineering Drawing: Second Edition*. BS Publications
- Rohman, M., Sudjimat, D. A., Sugandi, M., & Nurhadi, D. (2019). Developing an interactive digital book to improve the technical drawing abilities of mechanical engineering students. *Global Journal of Engineering Education*, 21(3), 239-244. <https://repo.uniramalang.ac.id/id/eprint/156>
- Rosyidah, N. D., Kusairi, S., & Taufiq, A. (2020). Kemampuan Berpikir Kritis Siswa melalui Model STEM PjBL disertai Penilaian Otentik pada Materi Fluida Statis. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, 5(10), 1422-1427. <http://dx.doi.org/10.17977/jptpp.v5i10.14107>
- Setiawan, N. C. E., Sutrisno, S., Munzil, M., & Danar, D. (2020). Pengenalan STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) dan pengembangan rancangan pembelajarannya untuk merintis pembelajaran kimia dengan sistem SKS di Kota Madiun. *Lambung Inovasi: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 5(2), 56-64. <https://doi.org/10.36312/linov.v5i2.465>
- Stehle, S. M., & Peters-Burton, E. E. (2019). Developing student 21 st Century skills in selected exemplary inclusive STEM high schools. *International Journal of STEM Education*, 6(1), 39. <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0192-1>
- Sudikan, S. Y. (2015). Pendekatan interdisipliner, multidisipliner, dan transdisipliner dalam studi sastra. *Paramasastra: Jurnal Ilmiah Bahasa Sastra dan Pembelajarannya*, 2(1). <https://doi.org/10.26740/paramasastra.v2n1.p%25p>
- Sumarni, W., & Tresnawati, N. (2021). BAB I MEMAHAMI HAKEKAT STEM, STEAM, ETNOSAINS DAN PERANNYA DALAM Mendukung TUJUAN PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN (SDGs) Sudarmin. *Berkreasi Mendesain Pembelajaran Berbasis Etnosains untuk Mendukung Pembangunan Berkelanjutan*, 2.
- Taufiq, M., Nuswowati, M., & Widiyatmoko, A. (2022). Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan (PKB) Guru IPA Kabupaten Batang melalui Pelatihan Merge Cube Augmented Reality (AR). *E-Dimas: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 13(2), 305-311. <https://doi.org/10.26877/e-dimas.v13i2.11510>
- Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., Boeve-de Pauw, J., Dehaene, W., Deprez, J., De Cock, M., Hellinckx, L., Knipprath, H., Langie, G., Struyven, K., Van de Velde, D., Van Petegem, P., & Depaepe, F. (2018). Integrated stem

- education: a systematic review of instructional practices in secondary education. *European Journal of STEM Education*, 3(1), 1–12. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/85525>
- Thovawira, F. A., Safitri, I., Supartik, S., Sitompul, N. N. S., & Anggriyani, I. (2021). Systematic literature review: implementasi pendekatan stem (manfaat dan tantangan) di indonesia. *HISTOGRAM: Jurnal Pendidikan Matematika*, 4(2), 355–371. <https://doi.org/10.31100/histogram.v4i2.682>
- Tjiptady, B., & Putra, A. (2023). Scl-Stem Berbasis Metaverse Dalam Kurikulum Merdeka Belajar Untuk Mengembangkan Potensi Mahasiswa Teknik Mesin. *Steam Engineering*, 5(1), 1-8. <https://doi.org/10.37304/jptm.v5i1.10657>
- Torlakson. T. (2014). *Innovate: A Blueprint For Science, Technology, Engineering, and Mathematics in California Public Education*. California: State Superintendent of Public Instruction
- Udi, E. A., & Cheng, D. (2015). Developing Critical Thinking Skills from Dispositions to Abilities: Mathematics Education from Early Childhood to High School, *Creative Education*, 455-462. <https://dx.doi.org/10.4236/ce.2015.64045>
- Vuong, Q. H., Thang Hang, P., Tran, T., Vuong, T. T., Manh Cuong, N., Khanh Linh, N. P., & Ho, M. T. (2020). STEM eucation and outcomes in Vietnam: Views from the social gap and gender issues. Trung and Vuong, Thu-Trang and Manh Cuong, Nguyen and Khanh Linh, Nguyen P. and La, Viet-Phuong and Ho, Manh-Toan, *STEM Education and Outcomes in Vietnam: Views From the Social Gap and Gender Issues* (Oktober, 2023). <https://doi.org/10.31235/osf.io/cjz6f>
- Wibowo, Y. G., & Sadikin, A. (2019). Biology in the 21st-Century: Transformation in biology science and education in supporting the sustainable development goals. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 5(2), 285-296. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v5i2.7956>
- Widayana, G., Ratnawati, D., Rohman, M. & Suryaman. (2020). Interactive multimedia to enhance students' understanding of concepts in engineering drawing course. *Periodico Thee Qumica*, 17(36), 491-505. http://dx.doi.org/10.52571/PTQ.v17.n36.2020.623_Periodico36_pgs_608_623.pdf