

Karakteristik STEM dalam Perancang Konstruksi Mesin oleh Mahasiswa Pendidikan Teknik Mesin di Universitas Negeri Malang

Alfin Ageng Nandra Kurniawan, Dwi Agus Sudjimat, Didik Nurhadi

Universitas Negeri Malang, Indonesia

E-mail: didik.nurhadi.ft@um.ac.id

Abstrak. Salah satu pendekatan pembelajaran yang cocok untuk menjawab permasalahan dalam pendidikan teknik adalah pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*). Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi karakteristik STEM mahasiswa dalam Matakuliah Perancangan Konstruksi Mesin, hambatan yang dialami mahasiswa dalam pengimplementasian STEM, dan pola implementasi matakuliah berkategori STEM. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan studi kasus. Data dikumpulkan melalui teknik wawancara dan dokumentasi dari informan yang terdiri dari para dosen pengampu matakuliah berkategori STEM dan mahasiswa yang telah menempuh Matakuliah Perancangan Konstruksi Mesin. Temuan penelitian menunjukkan bahwa karakteristik STEM mahasiswa Pendidikan Teknik Mesin dalam pengerjaan tugas perancangan konstruksi mesin, meliputi: latar belakang tugas perancangan yang mengedepankan pemecahan masalah yang terjadi di masyarakat, penggunaan konten matakuliah fisika teknik sebagai sarana untuk memahami fenomena alam dalam konteks perancangan konstruksi mesin, konten matakuliah CAD sebagai bentuk dari pemanfaatan teknologi yang digunakan untuk menggambarkan rancangan mesin, konten matakuliah elemen mesin sebagai dasar dalam pemilihan bahan dan perhitungan komponen mesin, serta konten matakuliah matematika teknik sebagai wahana untuk mempermudah memahami dari konten fisika teknik, CAD dan elemen mesin. Sementara itu, hambatan yang sering terjadi diakibatkan oleh faktor eksternal, internal dan, teknis perkuliahan.

Kata Kunci: Karakteristik STEM, Pendidikan Teknik Mesin, Perancangan Mesin

PENDAHULUAN

Pemenuhan tenaga kerja terdidik yang berkualitas dan sesuai kualifikasi kecakapan abad-21 lahir dari proses pembelajaran yang mampu mengarahkan peserta didik untuk beradaptasi dengan perkembangan zaman. Di antara berbagai kecakapan tersebut adalah kecakapan dalam memecahkan masalah yang ada di kehidupan nyata, dan keterampilan menggunakan kecanggihan teknologi untuk memecahkan masalah. Sebagian besar peserta didik yang memiliki pengalaman baik dalam dunia nyata akan dapat mengikuti pembelajaran dengan baik pada topik yang sesuai dengan dunia nyata tersebut (Nicaise, Gibney, & Crane, 2000). Sedangkan Erdogan dan Ciftci (2017) menyatakan bahwa *Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM)* memainkan peranan penting dalam pengembangan keterampilan abad ke-21, karena itu penting untuk dikembangkan secara terintegrasi dalam pembelajaran.

Ketepatan memilih cara penyajian atau pendekatan pembelajaran merupakan kunci keberhasilan untuk mengaktualisasi capaian pembelajaran yang telah dirumuskan. Cara penyajian tersebut dikembangkan dengan merujuk pada capaian pembelajaran yang akan diaktualisasikan (Fathoni, 2020). Untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik setidaknya satu dari mata pelajaran STEM harus dirancang secara sengaja (*by design*) dalam suatu pembelajaran, misalnya hasil pembelajaran matematika atau sains dalam kelas teknologi atau teknik (Kang, 2019). Penerapan pembelajaran berbasis STEM merupakan pendekatan inovatif yang menyediakan integrasi multi disiplin ilmu untuk mendukung pengasuhan individu melek sains dan teknologi.

Pendekatan STEM merupakan upaya untuk menggabungkan sains, teknologi, teknik, dan matematika menjadi satu kelas yang didasarkan pada koneksi antara subjek dan masalah dunia nyata

(Stohlmann, Moore, & Roehrig, 2012). Penerapan STEM dapat membantu mengembangkan pengetahuan dengan cara menjawab pertanyaan berdasarkan penyelidikan dan membantu peserta didik untuk mengkreasi pengetahuan baru. Di sisi lain penerapan STEM juga mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik yang ditandai dengan kemampuan memecahkan masalah, mengambil keputusan, menganalisis asumsi dan mengevaluasi (Khoiriyah, dkk., 2018). Bahkan, penerapan STEM juga mampu mendorong peserta didik untuk mencipta suatu hal yang baru (Fathoni, 2020).

Salah satu matakuliah di Program Studi (Prodi) S1 Pendidikan Teknik Mesin (PTM) FT UM yang sarat dengan pengimplementasian STEM adalah Matakuliah Perancangan Konstruksi Mesin. Capaian pembelajaran matakuliah tersebut adalah untuk melatih mahasiswa mengaplikasikan ilmu yang diperoleh setelah menempuh beberapa matakuliah sebagai prasyarat sebelumnya dengan cara merancang sebuah prototipe mesin yang mencerminkan suatu inovasi dengan mengembangkan teknologi dan energi terbarukan. Dalam perancangan tersebut mahasiswa harus memahami tentang cara kerja mesin, pemilihan bahan-bahan yang akan digunakan serta perhitungan untuk setiap komponen yang dirancang. Keseluruhan proses pengerjaannya menuntut mahasiswa untuk memahami konten berbagai matakuliah lain yang bersifat multi disiplin terutama yang bernuansa STEM.

Implementasi STEM dalam Matakuliah Perancangan Konstruksi Mesin di Prodi S1 PTM FT UM tersebut mencirikan bahwa STEM cocok diterapkan pada tugas perancangan konstruksi mesin. Hal ini dikarenakan salah satu karakteristik kegiatan pembelajaran berbasis STEM adalah dengan merencanakan dan melakukan investigasi atau penyelidikan (Duschl & Bybee, 2014; Yata, Ohtani, & Isobe, 2020). Proses pengerjaan tugas perancangan konstruksi mesin diawali dengan proses penyelidikan ilmiah yang dilakukan oleh mahasiswa ke masyarakat untuk menemukan permasalahan tentang kebutuhan teknologi terbaru yang dapat membantu kegiatan masyarakat di bidang pertanian, perikanan, peternakan, dan lain sebagainya. Hasil penyelidikan tersebut kemudian digunakan mahasiswa untuk membuat draft rancangan konstruksi mesin untuk dikonsultasikan kepada dosen pembimbing. Setelah disetujui dosen pembimbing, mahasiswa dapat merancang konstruksi mesin tersebut secara keseluruhan yang mencakup perhitungan komponennya, penentuan bahan yang digunakannya, cara pengoperasiannya, sampai dengan perhitungan biaya produksi dan harga jualnya. Keseluruhan proses pengerjaan tersebut menuntut mahasiswa mengimplementasikan STEM secara terintegrasi dan proporsional yang tercakup dalam Matakuliah Fisika Teknik, CAD, Elemen Mesin dan Matematika Teknik.

Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran STEM cocok diterapkan pada matakuliah perancangan konstruksi mesin. Indikasi yang menunjukkan pembelajaran STEM cocok diterapkan pada tugas perancangan konstruksi mesin dapat dilihat dari proses penyelidikan ilmiah yang melibatkan observasi mahasiswa ke dalam masyarakat untuk menemukan permasalahan tentang kebutuhan teknologi terbaru yang dapat membantu kegiatan masyarakat, kemudian penerapan dari berbagai konten matakuliah untuk membuat sebuah rancangan mesin, dan cara mahasiswa mengkomunikasikan hasil dari rancangan yang telah dibuat baik itu untuk kebutuhan akademis maupun di masyarakat. Selanjutnya, penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan karakteristik STEM mahasiswa pendidikan teknik mesin dalam pengerjaan tugas matakuliah perancangan konstruksi mesin, hambatan-hambatan yang dialami mahasiswa dan pola implementasi matakuliah berkategori STEM yang tepat untuk mendukung mahasiswa dalam menyelesaikan tugas perancangan konstruksi mesin.

METODE PENELITIAN

Pendekatan dan Jenis Penelitian

Penelitian ini dijalankan menggunakan pendekatan penelitian kualitatif dengan jenis penelitian studi kasus. Penelitian ini bertujuan untuk mempertahankan keutuhan dari objek yang diteliti dan

dikatakan studi kasus karena sasaran dan fokus kasusnya yang unik. Keunikan objek penelitian ini di antaranya adalah Matakuliah Perancangan Konstruksi Mesin merupakan salah satu hasil penerapan dari beberapa matakuliah bermuatan STEM yang hanya diampu oleh satu dosen saja padahal penerapan pendekatan STEM memadukan pembelajaran yang mengintegrasikan dari beberapa bidang ilmu (multi disiplininer).

Kehadiran Peneliti

Kehadiran peneliti dalam penelitian kualitatif memiliki peran sebagai instrumen pengumpul data (Moelong, 2014). Oleh karena jenis penelitian ini adalah studi kasus maka segala sesuatu sangat bergantung kepada kedudukan peneliti. Kehadiran peneliti sangat vital di dalam mengumpulkan data yang diambil melalui observasi, wawancara, dan dokumentasi terhadap berbagai sumber data yang telah ditentukan.

Sumber Data

Sumber data atau informan penelitian ini adalah mahasiswa Prodi S1 Pendidikan Teknik Mesin (PTM) Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik (FT), Universitas Negeri Malang (UM) angkatan tahun 2014, 2015, dan 2016 yang telah menempuh Matakuliah Perancangan Konstruksi Mesin dan para dosen Prodi PTM FT UM pengampu Matakuliah Perancangan Konstruksi Mesin. Pertimbangan utama dalam memilih informan mahasiswa adalah mahasiswa yang telah menyelesaikan tugas perancangan konstruksi mesin. Penentuan jumlah informan didasarkan pada teknik snowball sampling yang berarti bahwa penentuan informan tidak bergantung pada jumlahnya tetapi bergantung pada ketercukupan data penelitian. Apabila data penelitian dipandang sudah cukup, karena tidak adanya informasi baru, maka jumlah informan yang dicapai pada saat itu dipandang sudah cukup. Apabila data yang didapatkan dari jumlah informan tersebut belum memadai/belum jenuh maka jumlah informan tersebut akan ditambah lagi.

Pemilihan informan mahasiswa S1 Pendidikan Teknik Mesin yang telah menyelesaikan mata kuliah perancangan konstruksi mesin dan informan dosen pengampu matakuliah perancangan konstruksi mesin diperoleh dari data di jurusan teknik mesin. Kriteria pemilihan informan adalah mahasiswa dengan nilai minimal B sedangkan untuk informan dosen menggunakan kriteria dosen yang pernah mengajar matakuliah terkait STEM sebagai pendukung tugas perancangan konstruksi mesin serta pernah mengampu matakuliah perancangan konstruksi mesin.

Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan datanya menggunakan wawancara dan dokumentasi. Teknik wawancara yang digunakan adalah wawancara semi terstruktur. Sebelum melakukan wawancara dengan narasumber peneliti terlebih dahulu menyusun pedoman wawancara tentang sub fokus penelitian yang dibahas. Wawancara dilakukan terhadap informan mahasiswa dan dosen pengampu Matakuliah Perancangan Konstruksi Mesin yang telah ditentukan berdasarkan kriteria-kriteria yang telah disusun. Peneliti melakukan wawancara di tempat dan waktu yang telah disepakati oleh pihak narasumber. Sementara, dokumentasi yang digunakan berupa Laporan Tugas Akhir Matakuliah Perancangan Mesin yang diperoleh dari perpustakaan jurusan dan RPP matakuliah perancangan konstruksi mesin maupun matakuliah yang terkait dengan STEM. Teknik dokumentasi dalam penelitian penting karena untuk mendalami, mengkonfirmasi, dan/atau melengkapi data primer yang diperoleh melalui wawancara.

Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan cara memilih dan mengelompokkan data hasil dari wawancara dan dokumentasi berdasarkan fokus penelitian yang telah dirumuskan, yang

dilakukan sejak pengumpulan data penelitian dimulai sampai dengan penulisan hasil penelitian. Hasil analisis data tersebut disajikan dalam bentuk deskriptif yang selanjutnya digunakan untuk merumuskan kesimpulan penelitian.

Setiap temuan dan/atau data yang diperoleh dilakukan pengecekan keabsahannya dengan cara triangulasi data. Triangulasi yang digunakan adalah triangulasi sumber dan teknik pengumpulan data. Triangulasi sumber dilakukan dengan membandingkan data atau informasi yang diperoleh dari beberapa informan yang berbeda. Sedangkan triangulasi teknik dilakukan dengan cara membandingkan data atau informasi yang diperoleh dengan teknik wawancara dan teknik dokumentasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik STEM Mahasiswa Pendidikan Teknik Mesin dalam Matakuliah Perancangan Konstruksi Mesin

Dari banyaknya perancangan yang telah disusun oleh mahasiswa mayoritas dari perancangan tersebut berawal dari sebuah permasalahan yang terjadi di masyarakat akan kebutuhan teknologi yang dapat memudahkan pekerjaan mereka. Di sisi lain mahasiswa juga berinovasi dari mesin yang sudah ada dengan menambahkan kapasitas produksi dan fungsi tertentu pada mesin serta penggunaan energi terbarukan. Berikut adalah kajian mengenai laporan perancangan konstruksi mesin yang telah disusun oleh mahasiswa PTM UM.

Tabel 1. Kajian Laporan Perancangan Konstruksi Mesin

No.	Judul Laporan	Teknologi yang Dihasilkan	Keterangan
1	Rancang Bangun Mesin Perajang Singkong Bertenaga Surya Sebagai Efisiensi Penggunaan Listrik	Mesin Perajang Singkong Bertenaga Surya	Rancang bangun mesin ini muncul dilatarbelakangi oleh seringnya pemadaman listrik di daerah pedesaan dan kurangnya pengolahan pasca panen. Mesin ini menggunakan tenaga surya untuk mengantisipasi pemadaman listrik yang terjadi setiap saat
2	Rancang Bangun Mesin Rol Hidrolik Tenaga Surya	Mesin Rol Hidrolik Tenaga Surya	Mesin ini berfungsi untuk melengkungkan besi pada usaha dekorasi kanopi pernikahan. Latar belakang munculnya ide mesin ini dikarenakan mesin yang terdapat di pasaran diameternya tidak bisa disesuaikan dengan besi yang akan dilengkungkan
3	Rancang Bangun Mesin Pencacah Tandan Kosong Sawit Kapasitas 300kg/Jam	Mesin Pencacah Tandan Kosong Sawit Kapasitas 300kg/Jam	Munculnya ide rancang bangun mesin ini berawal dari banyaknya limbah tandan kosong sawit yang tidak dimanfaatkan kemudian dengan mesin ini limbah tersebut diolah menjadi pupuk kompos
4	Perancangan Konstruksi Mesin Roaster Biji Kopi Efisien Bertenaga Surya Dengan Penggerak Motor Listrik Untuk Meningkatkan Produktivitas Usaha Kecil Dan Menengah	Mesin Roaster Biji Kopi Bertenaga Surya	Mesin ini berfungsi sebagai penyangrai biji kopi mentah dengan dilengkapi pengatur suhu otomatis untuk tingkat kematangan sesuai yang diinginkan. Kelebihan dari mesin ini adalah hemat energi dan ramah lingkungan karena menggunakan energi surya
5	Mesin Pengepres Baglog Media Tanam Jamur dengan Kapasitas 200 Baglog Per Jam Menggunakan Tenaga Pnumatik	Mesin Pengepres Baglog Media Tanam Jamur	Kelebihan dari mesin ini adalah kapasitas produksi lebih banyak dan mesin ini menggunakan tenaga pnumatik sebagai tenaga operasionalnya. Ide perancangan mesin ini muncul dilatarbelakangi oleh mesin yang ada dipasaran kurang terjamin dari segi kebersihannya dikarenakan masih

menggunakan motor listrik

Dari Tabel 1 menunjukkan bahwa perancangan konstruksi mesin melatih mahasiswa untuk menemukan solusi dari permasalahan yang ada di masyarakat. Solusi yang ditawarkan dari perancangan konstruksi mesin berupasebuah konstruksi mesin yang dirancang dengan mengaplikasikan konten matakuliah dan pentahuan yang dimiliki oleh mahasiswa. Pengaplikasian ilmu pengetahuan ini mencerminkan bahwa perancangan konstruksi mesin menghubungkan antara konten matakuliah dengan permasalahan yang ada di masyarakat. Hal ini membuktikan bahwa pendekatan *STEM* tidak bermakna hanya penguatan praksis pembelajaran dalam bidang-bidang *STEM* secara terpisah, melainkan mengembangkan pendekatan pendidikan yang dengan memfokuskan proses pendidikan pada pemecahan masalah nyata dalam kehidupan sehari-hari maupun kehidupan profesi (National STEM Education Center, 2014).

Terciptanya sebuah mesin tidak lepas dari peran berbagai konten matakuliah yang digunakan mahasiswa saat merancang. Dari banyaknya matakuliah tersebut, terdapat empat matakuliah yang paling berkontribusi dalam perancangan. Matakuliah tersebut adalah matakuliah fisika teknik, *Computer Aided Design (CAD)*, elemen mesin, dan matematika teknik. Berdasarkan laporan perancangan konstruksi mesin yang telah dikaji, berikut adalah konten dari keempat matakuliah tersebut dan kegunaannya dalam pengerjaan tugas perancangan konstruksi mesin yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Materi-Materi yang Digunakan Mahasiswa dalam Perancangan Konstruksi Mesin

No.	Matakuliah	Materi	Kegunaan
1.	Fisika Teknik	Usaha dan energi, momen, listrik, gaya, prosedur gerak, konversi satuan, impuls dan momentum, tegangan geser, kesetimbangan	Materi usaha dan energi yang berperan dalam perhitungan daya motor dan kapasitas mesin Materi gaya yang digunakan dalam menghitung gaya pembebanan Materi prosedur gerak digunakan untuk menghitung putaran mesin dan pisau Materi konversi satuan digunakan untuk mengubah nilai satuan Materi listrik yang digunakan dalam menghitung tegangan, arus listrik dan panel surya
2.	CAD	Materi 3D, 2D, assembly, presentasi, frame, analisis kekuatan, drawing layout	Materi 2D sketch yang digunakan untuk pembuatan rangka, materi 2D dan 3D yang digunakan untuk membuat misalnya roda gigi lalu di assembly pada poros
3.	Elemen Mesin	Materi poros transmisi, momen puntir, sabuk, puli, pemilihan pasak, perhitungan bantalan, rantai dn roda gigi, penentuan bahan, daya motor, kapasitas mesin, dan perhitungan putaran mesin	Perhitungan poros, pemilihan bahan serta kekuatan dan tegangan bahan serta perhitungan sabuk
4.	Matematika Teknik	Materi momen inersia, integral, fungsi, trigonometri, limit, kontinuitas, matematika dasar,	Materi matematika dasar seperti bilangan berpangkat, akar, perkalian, penjumlahan dan seterusnya yang digunakan dalam perhitungan

turunan, aljabar, grafik,
diferensial, akar dan pangkat

sebuah rumus dan biaya pembuatan

Dari keterangan pada Tabel 2 menunjukkan bahwa tugas perancangan konstruksi mesin melibatkan empat disiplin ilmu yang paling berkontribusi dari setiap komponen STEM yaitu fisika teknik, *Computer Aided Design* (CAD), elemen mesin dan matematika teknik. STEM tidak hanya mencakup isi, keterampilan, dan cara berpikir masing – masing disiplin ilmu, tetapi juga mencakup pemahaman tentang interaksi antara disiplin ilmu dan cara mereka saling mendukung dan melengkapi (Moore, Glancy, Tank, Kersten, Stohlmann, Ntow, & Smith, 2013). Hal ini dapat dilihat dari peran setiap materi yang digunakan dalam perancangan. Seperti materi matakuliah fisika teknik yang cenderung mengulas bagaimana fenomena alam terjadi yang menghasilkan sebuah rumus untuk memahami perubahan tersebut. Materi matakuliah CAD lebih berperan terhadap penggunaan teknologi sebagai alat untuk memvisualisasikan sebuah ide yang akan dirancang. Kemudian materi elemen mesin disini yang berperan sebagai sarana dalam mengkonstruksi sebuah ide yang telah divisualisaikan oleh materi CAD. Selanjutnya materi matematika teknik yang berperan sebagai wahana untuk mempermudah memahami dari materi fisika teknik, CAD dan elemen mesin

Firman (2015) menjabarkan definisi dari keempat STEM, sebagai berikut: (1) sains (*science*) adalah kajian tentang fenomena alam yang melibatkan observasi dan pengukuran sebagai wahana untuk menjelaskan secara objektif perubahan yang terjadi; (2) teknologi (*technology*) adalah tentang inovasi-inovasi yang digunakan untuk memodifikasi alam untuk memenuhi kebutuhan manusia; teknik (*engineering*) adalah pengetahuan dan keterampilan untuk memperoleh dan mengaplikasikan pengetahuan ilmiah, ekonomi, sosial, serta praktis untuk mendesain dan mengkonstruksi mesin, peralatan, sistem, material, dan proses yang bermanfaat bagi manusia secara ekonomis dan ramah lingkungan; dan matematika (*mathematics*) adalah ilmu tentang pola-pola dan hubungan-hubungan, dan menyediakan bahasa bagi teknologi, sains, dan teknik. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa domain dari setiap disiplin ilmu pada STEM telah terintegrasi kedalam matakuliah seperti fisika teknik, CAD, elemen mesin dan matematika teknik.

Dari uraian tersebut dapat diformulasikan bahwa karakteristik STEM mahasiswa pendidikan teknik mesin dalam tugas perancangan konstruksi mesin yakni 1) perancangan konstruksi mesin mengedepankan pemecahan masalah yang terjadi di masyarakat melalui pembuatan rancangan sebuah mesin; 2) penggunaan konten matakuliah fisika teknik yang termasuk kategori *science* sebagai sarana untuk memahami fenomena alam yang dapat dimanfaatkan dalam konteks perancangan konstruksi mesin; 3) penggunaan konten matakuliah CAD dalam perancangan konstruksi mesin sebagai bentuk dari pemanfaatan teknologi yang digunakan untuk menggambarkan rancangan mesin; 4) penggunaan konten matakuliah elemen mesin sebagai dasar dalam pemilihan bahan dan perhitungan komponen mesin, serta penggunaan konten matakuliah matematika teknik sebagai wahana untuk mempermudah memahami dari konten fisika teknik, CAD dan elemen mesin.

Hambatan yang Terjadi dalam Implementasi Matakuliah yang Bermuatan STEM Pada Tugas Perancangan Kontruksi Mesin

Secara umum hambatan yang dialami mahasiswa dapat dikelompokkan menjadi tiga faktor, yaitu faktor eksternal, faktor internal, dan faktor teknis perkuliahan. Faktor internal yang dimaksud adalah segala sesuatu yang mempengaruhi mahasiswa dalam menggunakan konten matakuliah yang bermuatan STEM yang berasal dari dalam diri mahasiswa. Faktor internal disini meliputi aspek psikologis dan aspek kognitif mahasiswa. Sedangkan faktor eksternal yang dimaksud adalah segala sesuatu yang mempengaruhi mahasiswa dalam menggunakan konten matakuliah bermuatan STEM yang berasal dari lingkungan sekitar mahasiswa. Faktor eksternal disini meliputi sarana dan prasarana, metode pembelajaran, serta dukungan pendidik dalam mempersiapkan kegiatan pembelajaran. Dari

segi faktor teknis perkuliahan meliputi segala sesuatu yang telah menjadi ketentuan dalam proses pembelajaran pada saat mahasiswa mengikuti perkuliahan. Lebih lanjut Stark (2016) memaparkan beberapa hal yang telah diidentifikasi sebagai penghambat dalam memajukan pembelajaran STEM yakni: (a) kurangnya koneksi dengan peserta didik, (b) kurangnya dukungan dari sistem sekolah, (c) kurangnya kolaborasi lintas bidang STEM, (d) persiapan dan penyampaian konten yang buruk, (f) kondisi fasilitas yang kurang memadai, dan (g) kurangnya pelatihan langsung untuk siswa. Berikut adalah tabel hambatan yang dialami mahasiswa pada saat mengerjakan perancangan konstruksi mesin.

Tabel 3. Hambatan yang Dialami Mahasiswa pada saat Mengerjakan Perancangan Konstruksi Mesin

Faktor Eksternal	Faktor Internal	Faktor Teknis Perkuliahan
<ul style="list-style-type: none"> • Penjelasan dari dosen kurang jelas sehingga mahasiswa kesulitan dalam menggunakan rumus dalam menyelesaikan perhitungan • Pembagian buku panduan tentang perhitungan komponen-komponen mesin yang tidak merata • Kurangnya interaksi dosen dengan mahasiswa • Kurangnya keterkaitan konten matakuliah dengan aplikasi di dunia nyata 	<ul style="list-style-type: none"> • Kurangnya pemahaman mahasiswa tentang konten matakuliah yang diberikan • Mahasiswa kesulitan dalam menggunakan fitur-fitur yang terdapat pada software inventor • Rasa malas, dan motivasi belajar 	<ul style="list-style-type: none"> • Jarak sajian matakuliah • Konten matakuliah yang diberikan

Berdasarkan Tabel 3, hambatan yang dialami mahasiswa banyak dipengaruhi oleh faktor eksternal. Hal ini ditunjukkan dengan mahasiswa yang merasa kesulitan pada saat menggunakan konten matakuliah untuk memecahkan permasalahan yang dihadapi di bidang perancangan konstruksi mesin. Kesulitan tersebut dikarenakan penjelasan dari dosen terkait materi yang diberikan kurang jelas. Sebagai contoh mahasiswa merasa kesulitan pada saat menggunakan rumus fisika dalam menyelesaikan perhitungan gaya pemotongan. Selain itu keterkaitan konten matakuliah dengan aplikasi di dunia nyata juga menjadi hambatan bagi mahasiswa dalam menggunakan materi matakuliah bermuatan STEM. Hal ini ditandai dengan mahasiswa yang merasa kesulitan dalam memilih rumus fisika yang akan digunakan untuk menghitung energi reservoir air.

Dari faktor internal hambatan yang sering dihadapi oleh mahasiswa adalah dari aspek psikologis mahasiswa yang ditandai dengan kurangnya motivasi belajar mahasiswa pada matakuliah tertentu. Hal ini dikarenakan matakuliah-matakuliah yang erat dengan perhitungan membuat mahasiswa jenuh apabila pembelajaran hanya sebatas penguasaan konsep. Di sisi lain perbedaan latar belakang mahasiswa juga mempengaruhi mereka dalam memahami konten matakuliah. Masukan yang berasal dari lulusan SLTA lebih cepat memahami konten matakuliah di bidang *science* dan matematika. Sedangkan masukan dari SMK cenderung lebih menonjol di bidang *engineering* dan teknologi.

Perkuliahan di Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang mengusung pembelajaran dengan sistem SKS. Untuk bobot sajian matakuliah menurut mahasiswa sudah tepat, hanya saja perlu penambahan bobot sajian matakuliah elemen mesin yang semula 2 js menjadi 3 js atau lebih, mengingat bahwa konten matakuliah elemen mesin memiliki peran yang sangat *central* untuk menghitung keseluruhan komponen yang akan dirancang. Dari segi jarak sajian antar matakuliah juga mempengaruhi mahasiswa dalam menggunakan konten matakuliah yang bersangkutan. Seperti matakuliah fisika dan matematika teknik yang disajikan di semester 1. Kemudian konten matakuliah

tersebut digunakan di perancangan konstruksi mesin yang disajikan di semester VI. Jarak yang cukup jauh ini membuat mahasiswa kesulitan untuk mengingat konten matakuliah yang dibutuhkan.

Selain itu mahasiswa juga mengungkapkan bahwa konten matakuliah dirasa kurang sesuai dengan yang dibutuhkan untuk perancangan konstruksi mesin. Sebagaimana penerapan dari materi matematika teknik yang hanya sebagian kecil digunakan dalam perancangan. Mayoritas perhitungan hanya menggunakan materi matematika dasar seperti perkalian dan penjumlahan sedangkan materi yang diberikan seperti kalkulus dan integral jarang digunakan dalam perancangan.

Berdasarkan temuan dan pembahasan yang telah dilakukan dapat diformulasikan bahwa faktor eksternal yang paling berpengaruh dalam menghambat mahasiswa untuk menerapkan materi matakuliah ke dalam tugas perancangan adalah metode pembelajaran dan dukungan pendidik dalam mempersiapkan kegiatan pembelajaran. Sedangkan dari faktor internal lebih cenderung motivasi belajar dalam diri mahasiswa pada setiap matakuliah yang mempengaruhi mereka dalam mengaplikasikan materi matakuliah dalam tugas perancangan konstruksi mesin. Dari faktor teknis perkuliahan yang perlu diperbaiki adalah dari segi cakupan materi matakuliah, jarak sajian matakuliah, dan keterkaitan antar materi baik itu antar matakuliah maupun aplikasi dengan kehidupan nyata

Pola Implementasi Matakuliah yang Bermuatan STEM untuk Mendukung Mahasiswa Menyelesaikan Tugas Perancangan Kontruksi Mesin

Pola implementasi matakuliah yang mewakili *STEM* dianalisis berdasarkan paparan data hasil wawancara dengan mahasiswa dan dosen. Dari paparan data tersebut menyebutkan poin-poin penting pola implementasi yang dapat mendukung mahasiswa dalam menyelesaikan tugas perancangan konstruksi mesin. Poin yang pertama adalah mengenai metode pembelajaran dan dukungan pendidik dalam mempersiapkan kegiatan pembelajaran. Poin yang kedua adalah meningkatkan motivasi belajar mahasiswa terhadap konten matakuliah yang diajarkan. Poin yang ketiga adalah cakupan materi matakuliah yang dibutuhkan dalam mengerjakan tugas perancangan konstruksi mesin dan bobot pembelajaran matakuliah.

Implementasi *STEM education* dapat didukung oleh berbagai metode pembelajaran yang bersifat integratif memungkinkan berbagai metode pembelajaran dapat digunakan untuk mendukung penerapannya (Becker & Park, 2011). Dari data yang berhasil dikumpulkan, metode pembelajaran yang digunakan dosen saat ini cenderung hanya memfokuskan pada penguasaan materi tanpa dibarengi dengan pemahaman mahasiswa terhadap aplikasi suatu materi matakuliah di dunia nyata. Menurut Nicaise, Gibney, dan Crane (2000) menyatakan bahwa sebagian besar peserta didik yang memiliki pengalaman baik dalam dunia nyata akan dapat mengikuti pembelajaran dengan baik pada topik yang sesuai dengan dunia nyata tersebut. Mayoritas mahasiswa mengetahui rumus tetapi tidak dengan pemahaman mereka tentang aplikasi rumus tersebut di kehidupan nyata.

Menurut Tillman, An, Cohen, Kjellstrom, dan Boren (2014) siswa menunjukkan tingkat motivasi dan kinerja yang lebih tinggi saat terlibat dalam kegiatan seperti pembuatan prototipe, merancang solusi, dan memanfaatkan teknologi. Oleh karena itu metode pembelajaran yang dapat digunakan oleh dosen adalah *project based learning* berbasis kehidupan. Sedangkan kegiatan yang diharapkan oleh mahasiswa dalam sebuah pembelajaran adalah pembelajaran yang bersifat praktek secara langsung dan diskusi kelompok dengan pemberian kuis yang menuntut mahasiswa untuk aktif dan kompetitif. Hal ini dikarenakan pendekatan terintegrasi STEM mengarahkan persepsi peserta didik tentang pembelajaran menjadi lebih relevan, aktif, menantang, bermakna, dan mendukung persaingan (Shernoff, Sinha, Bressler, & Ginsburg, 2017).

Selain itu dukungan dari pendidik juga sangat berperan penting dalam keberhasilan mahasiswa memahami aplikasi dari suatu materi pembelajaran. Pendidik dalam pembelajaran sebaiknya lebih interaktif dan lebih membimbing mahasiswa dalam menyelesaikan suatu persoalan. Dua hal ini yang

menurut mahasiswa saat ini perlu diperhatikan agar mahasiswa lebih semangat untuk menerima materi pembelajaran sehingga tujuan pembelajaran akan tercapai.

Dari hasil wawancara dengan mahasiswa dan dosen diperoleh data cakupan materi matakuliah yang dibutuhkan dan kesesuaian bobot pembelajaran matakuliah yang digunakan dalam mengerjakan tugas perancangan konstruksi mesin. Selanjutnya, cakupan materi tersebut yang disajikan dalam Tabel 4.

Pada Tabel 4 dapat dilihat cakupan matakuliah fisika teknik, CAD, dan elemen mesin telah sesuai dengan yang dibutuhkan dalam mendukung tugas perancangan konstruksi mesin. Hal ini dibuktikan dengan cakupan materi tersebut telah tercantum pada katalog S1 PTM tahun 2019 yang diberikan pada mahasiswa. Sedangkan untuk matematika cakupan materi sebaiknya lebih ditekankan pada pengaplikasian materi matematika dasar dalam perhitungan. Karena mayoritas perhitungan dalam perancangan konstruksi mesin hanya sebatas perkalian, pembagian, akar, kuadrat, penjumlahan dan pengurangan.

Tabel 4. Data Cakupan Materi Matakuliah Dan Kesesuaian Bobot Pembelajaran

Matakuliah	Materi	Keterangan	Kategori
Fisika Teknik	Sabuk, momen, daya, energi volume dimensi, gaya, konversi satuan, usaha, tegangan, perhitungan sudut, kelistrikan, hukum termodinamika	Sudah tepat dengan bobot jam pembelajaran 2sks 2js	<i>Science</i>
CAD	Keseluruhan materi matakuliah CAD dibutuhkan dalam mendukung penyelesaian tugas perancangan konstruksi mesin khususnya materi 2D, 3D, assembly, drawing, frame, kode nilai kekasaran dan tanda pengerjaan	Sudah tepat dengan bobot pembelajarann 2sks 4js	<i>Technology</i>
Elemen Mesin	Transmisi, pemilihan pasak, puli, momen puntir, bantalan, poros, rantai, pengujian kekuatan sambungan, kapasitas mesin, perencanaan daya, roda gigi	Perlu ditambah, karena mayoritas materi elemen mesin digunakan dalam perancangan	<i>Engineering</i>
Matematika Teknik	Integral, matematika dasar seperti perkalian dan pembagian, cara menghitung, aljabar, akar, pangkat dan kuadrat, perhitungan sudut, dan grafik	Sudah tepat dengan bobot jam pembelajaran 3sks 3js	<i>Mathematics</i>

Sebagai catatan dari keempat matakuliah tersebut matakuliah elemen mesin perlu ditambah lagi untuk bobot pembelajaran dikarenakan matakuliah ini memiliki peran yang paling dominan dalam merancang, memperhitungkan dan menentukan komponen-komponen mesin. Seperti yang disampaikan oleh salah seorang mahasiswa yang mengungkapkan bahwa “materi matakuliah yang perlu dilakukan pembahasan lebih dalam yaitu mengenai materi elemen mesin karena materi elemen mesin itu sangat berperan penting bagi matakuliah tugas perancangan”. Untuk matakuliah fisika teknik, CAD dan matematika teknik bobot sajian pembelajaran sudah tepat kaitannya untuk mendukung tugas perancangan konstruksi mesin.

Dari beberapa pembahasan tersebut dapat ditarik kesimpulan pola implementasi matakuliah yang bermuatan stem untuk mendukung mahasiswa menyelesaikan tugas perancangan kontruksi mesin adalah pembelajaran dilakukan menggunakan metode *problem based learning* dengan pendekatan berbasis kehidupan. Pembelajaran diisi dengan kegiatan yang bersifat praktek secara langsung dan diskusi kelompok dengan pemberian kuis yang menuntut mahasiswa untuk aktif dan kompetitif. Untuk itu tenaga pendidik perlu lebih interaktif dan lebih membimbing mahasiswa dalam menyelesaikan suatu persoalan. Dari segi cakupan materi matakuliah perlu disesuaikan dengan kebutuhan materi yang digunakan dalam perancangandengan catatan bobot sajian matakuliah elemen mesin ditambah mengingat peranan materi ini yang sangat dominan dalam perancangan

PENUTUP

Berdasarkan uraian yang telah dikemukakan diperoleh kesimpulan bahwa karakteristik STEM mahasiswa PTM dalam pengerjaan tugas perancangan kotruksi mesin ditunjukkan dengan latar belakang tugas perancangan mengedepankan pemecahan masalah yang terjadi di masyarakat melalui pembuatan rancangan sebuah mesin, penggunaan konten matakuliah fisika teknik sebagai sarana untuk memahami fenomena alam yang dimanfaatkan dalam konteks perancangan konstruksi mesin, penggunaan konten matakuliah CAD sebagai bentuk dari pemanfaatan teknologi yang digunakan untuk menggambarkan rancangan mesin, penggunaan konten matakuliah elemen mesin sebagai dasar dalam pemilihan bahan dan perhitungan komponen mesin, serta penggunaan konten matakuliah matematika teknik sebagai wahana untuk mempermudah memahami dari konten fisika teknik, CAD dan elemen mesin. Hambatan yang sering terjadi dipengaruhi oleh faktor eksternal, faktor internal dan faktor teknis perkuliahan. Strategi implementasi pembelajaran matakuliah bermuatan STEM yang tepat untuk mendukung mahasiswa dalam perancangan konstruksi mesin adalah pembelajaran dilakukan menggunakan metode *problem based learning* dengan pendekatan berbasis kehidupan yang diisi dengan kegiatan yang bersifat praktek secara langsung dan diskusi kelompok dengan pemberian kuis yang menuntut mahasiswa untuk aktif dan kompetitif. Cakupan materi matakuliah perlu disesuaikan dengan kebutuhan materi yang digunakan dalam perancangan dengan catatan bobot sajian matakuliah elemen mesin ditambah mengingat peranan materi ini yang sangat dominan dalam perancangan.

REFERENSI

- Becker, K. & Park, K. (2011). Effects of integrative approaches among, STEM subjects on students learning. *Journal of STEM Education*, 12(5), 23–37.
- 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.
- 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.
- Kang, N. H. (2019). A review of the effect of integrated STEM or STEAM (science, technology, engineering, arts, and mathematics) education in South Korea. *Asia-Pacific Science Education*, 5(1), 1-22.
- Moelong, L. J. (2014). *Metode Penelitian Kualitatif*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Moore, T. J., Glancy, A. W., Tank, K. M., Kersten, J. A., Stohlmann, M. S., Ntow, F. D., & Smith, K. A. (2013). *A framework for implementing quality k-12 engineering education*. ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings.

- National STEM Education Center. 2014. *STEM Education Network Manual*. Bangkok: The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology.
- Nicaise, M., Gibney, T., & Crane, M. (2000). Toward an understanding of authentic learning: Student perceptions of an authentic classroom. *Journal of Science Education and Technology*, 9(1), 79-94.
- Stohlmann, M., Moore, T., & Roehrig, G. (2012). Considerations for Teaching Integrated STEM Education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 2(1), 28-34. <https://doi.org/10.5703/1288284314653>
- Tillman, D. A., An, S. A., Cohen, J. D., Kjellstrom, W., & Boren, R. L. (2014). Exploring wind power: Improving mathematical thinking through digital fabrication. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 23(4), 401-421.
- Yata, C., Ohtani, T., & Isobe, M. (2020). Conceptual framework of STEM based on Japanese subject principles. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 1-10.