



PENGEMBANGAN MODUL PEMBELAJARAN BERBASIS STEM PADA MATERI CNC MILLING SIMULATOR

DEVELOPMENT OF A STEM-BASED LEARNING MODULE ON CNC MILLING SIMULATOR MATERIAL

Elfahmi Dwi Kurniawan, Nopriyanti, Rudi Hermawan, Putri Indah Yanti
Universitas Sriwijaya

Corresponding Author elfahmi_dwi_kurniawan@unsri.ac.id

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima: Okt 2023

Disetujui: Okt 2023

Dipublikasikan:

November 2023

Kata Kunci:

Modul
pembelajaran;
CNC Milling
Simulator; STEM;
Pengembangan;
Modul

Keywords:

Learning module;
CNC Milling
Simulator; STEM;
Development;
Module

Abstract

Penelitian dilatarbelakangi oleh minimnya fasilitas pembelajaran CNC yang mana. Pemenuhan fasilitas pembelajaran CNC memerlukan biaya yang besar, oleh karena itu diperlukan alternatif sumber pembelajaran yang dapat memfasilitasi kekurangan. Jenis penelitian adalah Penelitian dan Pengembangan (RnD) yang bertujuan untuk menghasilkan bahan ajar modul pembelajaran berbasis STEM aplikasi CNC Simulator *For Andorid* yang valid dan praktis. Subjek penelitian adalah mahasiswa Pendidikan Teknik Mesin FKIP Unsri yang sedang mengambil matakuliah CNC Lanjut. Objek penelitian adalah Modul berbasis STEM pada Materi CNC VMC Simulator *for Android*. Waktu penelitian adalah tahun 2023. Model pengembangan menggunakan model pengembangan 4D (*Define, Design, Development, and Disseminate*). Setelah dilakukan penelitian didapatkan hasil halidasi ahli materi buku panduan CNC diperoleh nilai total berjumlah 347. berada pada kategori **SANGAT VALID**. Validasi ahli media diperoleh nilai 235 berada pada kategori **SANGAT VALID**. Hasil uji praktikalitas bahan ajar modul oleh mahasiswa menunjukkan tingkat kepraktisan masuk kategori praktis dimana diperoleh Koefisien Reprodusibilitas atau $K_r = 0,915$ sedangkan Koefisien Skalabilitas atau $K_s = 0,835$. Hal ini menunjukkan bahwa modul pembelajaran berbasis STEM dapat meningkatkan kemampuan peserta didik dalam membuat program CNC.

Abstract

The research was motivated by the lack of CNC learning facilities. Fulfilling CNC learning facilities requires large costs, therefore alternative learning sources are needed that can facilitate the shortage. The type of research is Research and Development (RnD) which aims to produce valid and practical STEM-based learning module teaching materials for the CNC Simulator For Android application. The research subjects were students of Mechanical Engineering Education at FKIP Unsri who were taking Advanced CNC courses. The research object is a STEM-based module on CNC VMC Simulator for Android material. The research time is 2023. The development model uses the 4D development model (Define, Design, Development, and Disseminate). After conducting the research, it was found that the results of expert validation of CNC manual material obtained a total score of 347. It is in the VERY VALID category. Media expert validation obtained a score of 235 in the VERY VALID category. The results of the practicality test of the module teaching materials by students showed that the level of practicality was in the practical category where the Reproducibility Coefficient or $K_r = 0.915$ was obtained while the Scalability Coefficient or $K_s = 0.835$. This shows that STEM-based learning modules can improve students' abilities in creating CNC programs.

PENDAHULUAN

Pembelajaran STEM (*Science, Tecnology, Engineering and Mathematics*) menjadi alternatif pembelajaran abad 21 yang bertujuan untuk menunjang pembelajaran inovatif (Firdaus & Hamdu, 2020; Keiler, 2018; Mu'minah & Aripin, 2019). Pembelajaran STEM dapat digunakan dalam bidang keilmuan lain dengan memanfaatkan prinsip-prinsip sains, teknologi, teknik, dan matematika sebagai dasar pembelajaran dan pengembangan potensi peserta didik (Anita et al., 2021; O. F. Nugroho et al., 2019). Penerapan STEM dapat menjadi pemicu pembaharuan dalam dunia pendidikan (Farwati et al., 2021) salah satunya adalah pendidikan vokasional.

Pendidikan vokasional memiliki nilai dasar sebagai penghasil tenaga kerja berdaya saing (Kurniawan, 2015) dan memiliki keterampilan kerja tertentu (Sudira, 2016) dan mampu bekerja (Wardina et al., 2019) serta berhubungan dengan perolehan pengetahuan, keterampilan, sikap dan keahlian yang dibutuhkan di dunia kerja (Haricahyo et al., 2020; Kuswana, 2013). Persaingan di dunia kerja saat ini membutuhkan setidaknya empat disiplin ilmu sains, teknologi, teknik rekayasa maupun matematika sehingga, pendekatan STEM cocok untuk mengubah sikap matematis secara afektif atau psikomotorik (Anita et al., 2021) yang berguna untuk bekerja.

Permasalahan yang terjadi di Pendidikan vokasional adalah mahal biaya operasional dan fasilitas pembelajaran. Fasilitas pembelajaran bertujuan untuk menunjang proses pembelajaran (Setiono, 2018) yang apabila tidak terpenuhi maka berdampak pada rendahnya kesiapan kerja Sumber Daya Manusia (SDM) lulusan (Tahir, 2017). Ketidaksediaannya peralatan CNC berakibat hasil belajar dan minat belajar mahasiswa tidak optimal (Prianto & Pramono, 2017).

Mata Kuliah CNC Lanjut bertujuan agar mahasiswa mempunyai pengetahuan dan keterampilan membuat dan mengeksekusi program CNC. *Computer Numerical Control* (CNC) adalah komputer kontrol numerik yang dioperasikan oleh perintah yang diprogram dengan menggunakan kode perintah huruf dan angka (Adiwibowo, 2018). Mata kuliah ini penting karena berkaitan dengan bidang manufaktur yang menyesuaikan dengan RI 4.0 (Estriyanto et al., 2021). Industri banyak menggunakan mesin CNC untuk mencapai produktivitas yang lebih tinggi (T. U. Nugroho & Sukardi, 2019). Dalam pembelajarannya

Permasalahan pada matakuliah CNC lanjut adalah mahasiswa kesulitan dalam membuat program CNC dikarenakan ketidaktersediaannya mesin CNC. Terkhusus Matakuliah CNC lanjut, ada satu aplikasi yang bisa membantu mahasiswa dalam pembelajaran yaitu *CNC VMC Milling simulator for Android*. Mahasiswa bisa mengaksesnya kapanpun dan dimanapun melalui handphone. Aplikasi ini memudahkan mahasiswa melatih memprogram mesin CNC sesuai keinginannya (Widayanto & Utama, 2018). Oleh karena itu, kebutuhan asli dari perangkat lunak simulasi yang digunakan untuk mempelajari pemrograman CNC dan mencoba program sangat diharapkan (Nair et al., 2018).

Untuk mengatasi permasalahan di atas, penelitian bermaksud mengembangkan modul pembelajaran *CNC Milling Simulator*. Aplikasi ini sangat membantu dalam pembuatan programan CNC. Oleh karena itu penelitian ini penting dilaksanakan untuk membantu peserta didik membuat dan mengeksekusi program CNC. Modul ini diharapkan sebagai panduan mahasiswa dalam membuat program dan mengeksekusi program CNC. Penelitian terdahulu telah dikembangkan modul CNC TU 2A Emco (Prabowo & Palupi, 2013; Safrendi et al., 2020) Jobsheet berbasis AR (Prasetya et al., 2020), prototype CNC virtual (Purwoko,

2009) perbedaan dengan penelitian ini adalah dari segi mesin CNC yang digunakan, pendekatan serta jenis bahan ajar yang dikembangkan. Kebaharuannya terletak dari aplikasi yang digunakan yaitu CNC Simulator for Android dan pendekatan STEM. Modul akan diintegrasikan pada pendekatan STEM yang bertujuan untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah mahasiswa (Anita et al., 2021) serta dapat memotivasi siswa dalam mempelajari materi (Zulaiha & Kusuma, 2020). Bahan ajar berbasis STEM efektif untuk digunakan pada pembelajaran (Sukendra et al., 2022) serta meningkatkan kemampuan siswa dalam memahami gambar kerja dan proses pemesinan (Prasetya et al., 2020) Keterbaruan dari penelitian ini adalah objek materi CNC *Milling Simulator for Android* berbasis STEM untuk meningkatkan minat belajar mahasiswa. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji kevalidan, dan kepraktisan modul berbasis STEM CNC *Milling Simulator for Android*.

METODE PENELITIAN

Model Pengembangan

Prosedur pengembangan materi ajar ini mengacu kepada model disain instruksional 4D (Thiagarajan et al., 1974) Model 4D tersebut dikolaborasikan langkah-langkah pada penelitian pengembangan (Borg & Gall, 1998).. Ada empat tahap pada pengembangan model 4D yaitu: *define, design, develop, dan disseminate*. Prosedur pengembangan tersebut mempunyai empat) tahap sebagai berikut:

Tahap 1: Define. Analisis kebutuhan, Analisis peserta didik dan Analisis instruksional.

Tahap 2: Design. (a) Menyusun naskah dan mengumpulkan materi, (b) Membuat *flowchart*, (c) Menentukan software yang akan digunakan, (d) Penyusunan tes, (e) Penyajian materi, (f) Penentuan format penyajian materi ajar, dan (h) Rancangan *prototype*.

Tahap 3: Development (a) Mengembangkan naskah dan materi, (b) Mengedit gambar, video dan komponen lainnya, (c) Membuat produk dan merakit elemen-elemen media, (d) Validasi ahli, (e) Revisi 1, (f) Tahap Praktikalitas dan (g) Revisi 2.

Tahap 4: Dissemination, Sosialisasi materi ajar dan Publikasi.

Teknik Analisis Data

Lembar instrumen dianalisis dengan menggunakan kategori kecenderungan data. Hasil berupa skor dari penilaian tersebut kemudian dikonversikan menjadi nilai dengan menggunakan tabel kecenderungan.

Tabel 1. Kategori kecenderungan data

Interval	Kategori
$(\bar{X}_i + 1,80 S_{bi}) < X$	Sangat Baik
$(\bar{X}_i + 0,60 S_{bi}) < X \leq (\bar{X}_i + 1,80 S_{bi})$	Baik
$(\bar{X}_i - 0,60 S_{bi}) < X \leq (\bar{X}_i + 0,60 S_{bi})$	Cukup
$(\bar{X}_i - 1,80 S_{bi}) < X \leq (\bar{X}_i - 0,60 S_{bi})$	Kurang
$X \leq (\bar{X}_i - 1,80 S_{bi})$	Sangat Kurang

Keterangan:

\bar{X}_i (rerata skor ideal) = $\frac{1}{2}$ (skor maksimal + skor minimal)

S_{Bi} (simpang baku ideal) = $1/6$ (skor maksimal – skor minimal)

X = Skor aktual

Setiap data meliputi skor minimal yang didapat dari (skala terkecil x banyaknya aspek penilaian x jumlah responden). Skor maksimal dicari dengan cara (skala tertinggi x banyaknya aspek penilaian x jumlah responden). Setelah mendapatkan nilai maksimal dan minimal dicari rata-rata skor ideal (\bar{X}) dan simpangan baku ideal (S_{Bi}). Rata-rata skor ideal (\bar{X}_i) dan simpangan baku ideal (S_{Bi}).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Define (Pendefinisian)

Analisis kurikulum

Analisis kurikulum ini mengacu pada kurikulum MBKM tahun 2021. Materi yang dikembangkan dalam modul ini adalah materi Matakuliah CNC Lanjut pada sub pokok pembahasan CNC Milling Simulator. Materi CNC Milling Simulator dipilih karena modul ini adalah kelanjutan penelitian pada tahun sebelumnya yang telah mengembangkan modul CNC Lathe Simulator. Materi yang akan di bahas pada modul ini meliputi: *Computer Numerically Control (CNC)*, (2) *CNC Milling Simulator*, (3) *Penggunaan CNC Milling Simulator*, (4) *CNC Milling Program*, dan (5) *Latihan Soal*.

Analisis karakteristik siswa

Mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Mesin FKIP Unsri berasal dari berbagai latar belakang pendidikan seperti SMA, SMK, dan MA, yang menyebabkan perbedaan dalam materi yang diterima sebelumnya, terutama dalam menggambar teknik. Mereka yang dari SMA dan MA perlu usaha ekstra dalam mempelajari gambar teknik dibandingkan dengan yang dari SMK. Mata kuliah dasar seperti Praktik Pemesinan, Praktik Pengepasan, dan CNC diperlukan sebelum mengambil CNC Lanjut, yang membutuhkan mesin atau aplikasi khusus untuk menjalankan program CNC. Banyak mahasiswa mengalami kesulitan dalam menggunakan aplikasi berbasis teknologi, termasuk yang umum seperti Microsoft Word dan Excel. Subjek penelitian ini adalah mahasiswa angkatan 2020 yang telah mengambil mata kuliah CNC Lanjut, berada di rentang usia 18-20 tahun, yang pada dasarnya sudah mampu menganalisis dan membuat hipotesis. Mereka memiliki peluang untuk mengembangkan pengetahuan secara mandiri melalui eksplorasi teknologi pembelajaran. Namun, pengamatan menunjukkan bahwa mahasiswa kurang memiliki sumber belajar yang baku, cenderung bergantung pada penjelasan pendidik, sehingga proses pembelajaran belum mengarah pada berpikir kritis dan interaktif. Pengembangan modul diharapkan memberi kesempatan kepada mahasiswa untuk belajar mandiri dan memahami teknologi pembelajaran secara lebih baik melalui eksplorasi pribadi.

Analisis teknologi

VMC Milling Simulator merupakan salah satu program yang digunakan melalui Hp android yang bisa didownload secara gratis. Keunggulan dari aplikasi VMC Simulator adalah sebagai berikut: (1) *Penggunaan aplikasi ini sangat mudah*, (2) *Gratis*, (3) *Dapat diakses melalui hp android*, dan (4) *Program yang dijalankan sama seperti mesin CNC*.

Analisis pemanfaatan Smartphone sebagai media pembelajaran

Pembelajaran CNC Lanjut menggunakan smartphone untuk menjalankan aplikasi VMC Milling Simulator, diharapkan memaksimalkan proses belajar yang terpusat pada siswa dan membuatnya lebih kreatif serta mandiri. Pengembangan modul dapat menjadi alternatif untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran dan memfasilitasi siswa dalam belajar secara mandiri

Design (Desain)

Pada tahap desain ini, pengembang menentukan kompetensi khusus yang dicapai oleh siswa, metode, bahan ajar, strategi pembelajaran serta media pembelajaran. Dalam pengembangan perangkat pembelajaran ini, pengembang menentukan kompetensi khusus yang harus dicapai siswa. Kompetensi khusus yang dicapai oleh siswa sebagai berikut.

1. Untuk memahami proses pembuatan program CNC Milling.
2. Untuk menjelaskan cara menggunakan aplikasi CNC Milling Simulator kepada pengguna.
3. Untuk menunjukkan cara kerja program aplikasi CNC Milling Simulator kepada pengguna.
4. Sebagai panduan penggunaan aplikasi CNC Milling Simulator untuk android.

Secara keseluruhan modul pembelajaran berbasis STEM yang disusun memiliki bagian-bagian yang disusun sedemikian rupa sehingga menjadi modul yang baik. Penyusunan modul pembelajaran meliputi: (a) Bagian cover, (b) Kata Pengantar, (c) Daftar isi, (d) Daftar tabel, (e) Daftar gambar, (f) Bagian inti, (g) Latihan gambar, (h) Daftar Pustaka, (i) Kunci Jawaban, (j) Halaman catatan, dan (k) Tentang penulis.

Bagian inti terdiri dari 3 Bab yaitu: (1) Bab1 Pendahuluan. Berisi tentang deskripsi umum, prasyarat, petunjuk penggunaan modul, kompetensi dan tujuan akhir pembelajaran. (2) Bab 2 Kegiatan Pembelajaran Berisi 9 Kegiatan Belajar yang terdiri dari: (i) Kegiatan Belajar 1. Computer Numerical Control (CNC), (ii) Kegiatan Belajar 2.CNC Milling Simulator, (iii) Kegiatan Belajar 3. Penggunaan CNC Milling Simulator, (iv) Kegiatan Belajar 4. CNC Milling Program. Pada Kegiatan Belajar terdiri dari beberapa sub bagian yaitu: (a) Tujuan pembelajaran, (b) Uraian materi, (c) Rangkuman, (d) Cek kemampuan. Kemudian

Develop (Pembuatan Produk)

Develop adalah proses mengembangkan modul, yaitu mewujudkan desain menjadi kenyataan dengan menyusun cover, naskah, materi, mengedit media, serta merakit teks, gambar, dan ilustrasi. Modul pembelajaran berbasis STEM yang disusun mengikuti langkah-langkah desain yang telah dijelaskan, menghasilkan prototipe modul.

Validitas Materi

Penilaian ahli materi terhadap produk yang sedang dikembangkan dilakukan menggunakan instrumen angket yang disiapkan oleh pengembang, serta komentar dan saran perbaikan yang disampaikan secara lisan atau tertulis. Validasi ini bertujuan untuk mengevaluasi kebenaran dan kelayakan materi, dengan hasil yang ditampilkan pada tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Hasil Validasi Ahli Materi

No	Aspek	Validator		Rata-Rata	Kategori
		1	2		
1	Pembelajaran	68	70	4.6	Sangat Baik
2	Isi/Materi	53	65	4.53	Sangat Baik
3	Video tutorial pada Modul Elektonik	51	40	4,13	Sangat Baik
	Jumlah	172	175	4.48	

Berdasarkan tabel 7, akumulasi nilai total untuk validasi ahli materi adalah 347, menunjukkan kategori SANGAT BAIK dalam rentang $327,6 < X$. Penilaian ahli materi juga menyertakan saran dan komentar mengenai produk modul elektronik berbasis video tutorial yang menjadi landasan pengembang melakukan revisi produk. Saran dan komentar ahli materi akan menjadi panduan pengembang untuk melakukan revisi.

Validitas Media

Penilaian dilakukan menggunakan instrumen angket yang disiapkan oleh pengembang, ditambah komentar dan saran perbaikan yang disampaikan secara lisan atau tertulis. Ahli media mengevaluasi modul pembelajaran berbasis STEM, memberikan komentar dan saran yang dicatat pada lembar penilaian, yang akan digunakan sebagai pedoman untuk revisi, dengan hasil validasi oleh dua validator ditampilkan pada tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Hasil Validasi Ahli Media

No	Aspek	Validator		Rata-Rata	Kategori
		1	2		
1	Desain Cover	21	21	4,2	Sangat Baik
2	Desain Isi Modul	32	33	4.64	Sangat Baik
3	Kualitas Huruf	28	30	4.83	Sangat Baik
4	Kualitas Gambar	37	33	4.375	Sangat Baik
	Jumlah	118	117		

Berdasarkan tabel 3, total nilai untuk validasi ahli media adalah 235, yang berada dalam kategori SANGAT BAIK pada rentang $218,4 < X$. Penilaian ahli media juga menyertakan saran dan komentar mengenai modul elektronik berbasis video tutorial yang menjadi landasan pengembang untuk melakukan revisi prototype. Saran dan komentar ahli media akan menjadi panduan pengembang untuk melakukan revisi.

Revisi Produk

Produk yang telah divalidasi oleh ahli materi, ahli media selanjutnya dilakukan revisi produk sesuai dengan saran yang diberikan. Adapun revisi yang dilakukan meliputi:

1. Saran: Pada materi halaman 43 point g bisa ditambahkan nomor pada bagian copy, paste dan cut agar lebih jelas seperti halaman 49

Tampilan sebelum diperbaiki :

g) Code Editor Functions Button



Gambar 26 Code Editor Functions Button

Panel ini memiliki 3 tombol yaitu Copy, Paste, dan Cut.

- Copy berfungsi untuk memperbanyak teks/file
- Paste berfungsi untuk meletakkan teks/file yang telah di copy atau cut.
- Cut berfungsi untuk memotong teks/file.

Tampilan sesudah diperbaiki :

g) Code Editor Functions Button



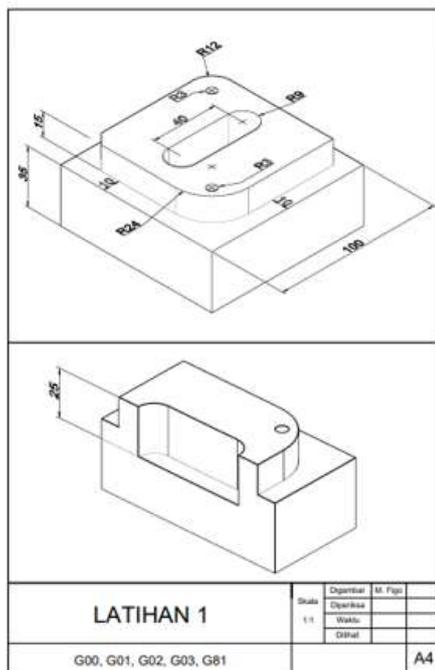
Gambar 26. Code Editor Functions Button

Panel ini memiliki 3 tombol yaitu Copy, Paste, dan Cut.

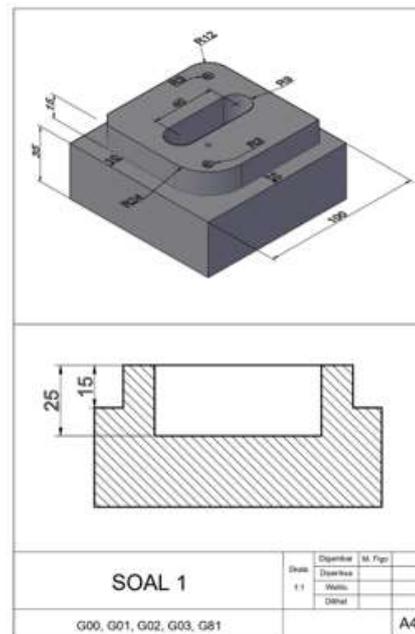
- 1) Copy berfungsi untuk memperbanyak teks/file
- 2) Paste berfungsi untuk meletakkan teks/file yang telah di copy atau cut.
- 3) Cut berfungsi untuk memotong teks/file.

2. Saran : Tidak ada penyelesaian gambar 2 pada Latihan Program halaman 115

Tampilan sebelum diperbaiki



Tampilan sesudah diperbaiki :



3. Saran : - Cover sebaiknya si tambahkan gambar CNC / simulatornya
Desain cover terlalu gelap menurut saya sebaiknya dbuat agak sedikit terang denan tambahan variasi warna yang lain
Ukuran teks pada tiap BAB terlalu kecil warna teks juga tidak konsisten

4. Saran : Keterangan gambar dan tabel (misal. Gambar 1) lebih baik setelahnya dikasi titik baru ket
5. Saran : Halaman 66 bagian D no 2 di enter saja

Uji Praktikalitas Modul Pembelajaran Berbasis STEM

Modul pembelajaran berbasis STEM yang telah direvisi berdasarkan uji pakar diuji coba di lapangan pada tanggal 2 Oktober 2023 dengan 28 mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Angkatan 2020 yang telah mengambil mata kuliah CNC Lanjut. Uji coba ini bertujuan untuk mengetahui praktikalitas modul, dengan mahasiswa mengisi angket praktikalitas setelah mengikuti pembelajaran menggunakan modul tersebut. Angket praktikalitas, yang mencakup indikator seperti kemudahan memahami materi, penggunaan modul, daya tarik, pembelajaran mandiri, kualitas video, dan minat kemudian hasilnya didistribusikan dalam tabel Guttman.

Setelah angket kepraktisan diisi oleh mahasiswa maka didistribusikan kedalam table Guttman, kemudian dihitunglah Koefisien Kepraktisan yang menunjukkan tingkat kepraktisan dari penggunaan modul. Untuk itu perlu dihitung jumlah kesalahan (e). Kalau dilihat pada tabel kita dapat menghitung sel-sel dari jawaban “YA” yang diluar bentuk segitiga. bahwa “jumlah kesalahan (e) adalah jumlah kesalahan dalam skala yaitu jawaban diluar bentuk segitiga”. Jadi didapatlah jumlah kesalahan (e) sebanyak 7. Dan jumlah “n” (jumlah pertanyaan (13) x jumlah responden (28)) berjumlah 364, jumlah jawaban “YA” berjumlah 343 (Tn). Berikut ini adalah hasil perhitungan koefisien kepraktisan.

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh Koefisien kepraktisan atau $K_r = 0.917$ menunjukkan bahwa modul pembelajaran berbasis STEM yang dikembangkan sudah praktis karena diatas syarat kevalidan yaitu 0,90. Sedangkan Koefisien skalabilitas atau K_s adalah adalah 0,835. Hal ini mempertegas Koefisien Kepraktisan dan menyatakan modul praktis karena memenuhi syarat diatas standar 0,60. Dengan demikian dapat dikatakan modul pembelajaran berbasis STEM sudah Praktis menurut mahasiswa.

Disseminate (Penyebarluasan)

Pada tahap penyebaran ini pengembang modul pembelajaran berbasis STEM dilakukan pada mahasiswa tingkat tiga semester genap tahun ajaran 2023-2024 pada program studi Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sriwijaya, hal ini dilakukan untuk persiapan mereka ketika akan kuliah Matakuliah CNC Lanjut semester genap 2023-2024.

Pembahasan

Modul Pembelajaran berbasis STEM

Pembelajaran di Program Studi Pendidikan Teknik Mesin FKIP Unsri mencakup teori dan praktik untuk mempersiapkan mahasiswa dengan keterampilan yang diperlukan setelah lulus. Pembelajaran praktik bertujuan untuk meningkatkan keterampilan mahasiswa melalui metode dan peralatan yang sesuai, serta membimbing mereka secara sistematis dan terarah. Modul pembelajaran berbasis STEM dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan pembelajaran praktek yang unik dan komprehensif, memungkinkan mahasiswa belajar secara mandiri dan sistematis. Pengembangan modul ini menggunakan model 4D yang mencakup tahap Define, Design, Develop, dan Disseminate, dimulai dari analisis kebutuhan hingga evaluasi dan revisi.

Pada tahap pendefinisian, dilakukan analisis kurikulum, mahasiswa, teknologi, dan pemanfaatan komputer sebagai media pembelajaran untuk mengembangkan modul yang memfasilitasi pembelajaran mandiri pada mata kuliah CNC Lanjut. Modul ini mencakup empat kegiatan pembelajaran: pengenalan CNC secara umum, pengenalan aplikasi VMC Milling Simulator, penggunaan VMC Milling Simulator, dan pembuatan serta eksekusi program CNC Milling. Setelah modul dikembangkan, dilakukan uji validitas dan praktikalitas untuk memastikan modul tersebut layak digunakan dalam pembelajaran praktik, sesuai dengan pendapat Richey dan Nelson (2001).

Kevalidan Perangkat Pembelajaran

Validitas Materi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa modul pembelajaran berbasis STEM yang divalidasi telah memenuhi syarat sebagai modul yang baik, dengan komponen yang sesuai indikator, kesesuaian isi, kejelasan petunjuk, penyusunan materi, format, dan bahasa yang memudahkan mahasiswa memahami pembelajaran CNC, terutama CNC Milling. Menurut (Trianto, 2010), valid berarti modul memberikan informasi yang akurat tentang bahan ajar yang dikembangkan. Validasi modul ini dilakukan oleh dua ahli dalam bidangnya, dan hasilnya dapat dipertanggungjawabkan. Akumulasi nilai total dari validator untuk validasi ahli materi adalah 347, yang berada dalam kategori SANGAT BAIK. Validitas format modul menunjukkan kesesuaian komponen dengan unsur-unsur yang telah ditetapkan, sehingga modul ini sesuai dengan syarat konstruksi modul pembelajaran..

Validasi Media

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis STEM yang divalidasi oleh ahli media telah memenuhi syarat sebagai modul yang baik, terutama dalam aspek desain cover, desain isi, kualitas huruf, dan gambar. Hal ini memberikan kemudahan bagi mahasiswa dalam memahami pembelajaran CNC Lanjut, khususnya pada materi CNC Milling. Penilaian dilakukan melalui instrumen angket yang disiapkan oleh pengembang, serta melalui komentar dan saran perbaikan yang diberikan baik secara lisan maupun tertulis. Evaluasi modul dilakukan dengan pendampingan dari pengembang produk saat ahli media mencoba menggunakan modul tersebut. Akumulasi nilai total dari validator untuk validasi ahli media adalah 235, yang berada dalam kategori SANGAT BAIK dengan rentang $218,4 < X$. Ini menunjukkan bahwa modul pembelajaran berbasis STEM telah dinilai sangat baik dalam hal validitas oleh ahli media.

Praktikalitas Modul oleh Mahasiswa

Uji praktikalitas modul pembelajaran berbasis STEM dilakukan dengan menggunakan angket respon dari 28 mahasiswa. Hasil uji praktikalitas menunjukkan bahwa modul ini dinilai praktis oleh mahasiswa, dengan Koefisien Reproduksiabilitas (K_r) sebesar 0,917 dan Koefisien Skalabilitas (K_s) sebesar 0,835. Respon positif dari mahasiswa terhadap kemudahan penggunaan modul menunjukkan bahwa modul ini dapat digunakan dengan mudah dalam kegiatan praktikum. Sesuai dengan penelitian sebelumnya (Riyana & Susilana, 2008) penggunaan media pembelajaran dapat mempengaruhi baik buruknya pengalaman pembelajaran, di mana modul yang baik mampu meningkatkan motivasi mahasiswa untuk menyelesaikan praktikum dan mencapai hasil belajar yang diharapkan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan Produk yang dikembangkan valid dan praktis

UCAPAN TERIMA KASIH

"Penelitian/publikasi artikel ini dibiayai oleh Anggaran DIPA Badan Layanan Umum Universitas Sriwijaya Tahun Anggaran 2023. SP DIPA-023.17.2.677 515/2023, tanggal 30 November 2022, Sesuai dengan SK Rektor 0189/UN9.3.1/SK/2023 tanggal 18 April 2023.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiwibowo, B. T. (2018). *Pengoperasian Mesin CNC Milling Fanuc - OiM*. Book Bento Shop.
- Anita, Y., Thahir, A., Komarudin, K., Suherman, S., & Rahmawati, N. D. (2021). Buku Saku Digital Berbasis STEM: Pengembangan Media Pembelajaran terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 10(3), 401–412. <https://doi.org/10.31980/mosharafa.v10i3.1004>
- Borg, W. R., & Gall, M. D. (1998). *Educational Research: An Introduction* (4th ed.). Longman.
- Estriyanto, Y., Sutrisno, V. L. P., & Saputra, T. W. (2021). Studi Keselarasan Pembelajaran CNC/CAM pada LPTK, SMK, dan Industri Menyongsong Era Revolusi Industri 4.0 Bidang Manufaktur. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 18(1), 111–120.
- Farwati, R., Metafisika, K., Sari, I., Sitinjak, D. S., Solikha, D. F., & Solfarina, S. (2021). STEM Education Implementation in Indonesia: A Scoping Review. *International Journal of STEM Education for Sustainability*, 1(1), 11–32. <https://doi.org/10.53889/ijses.v1i1.2>
- Firdaus, S., & Hamdu, G. (2020). Pengembangan Mobile Learning Video Pembelajaran Berbasis STEM (Science, Technology, Engineering And Mathematics) Di Sekolah Dasar. *JINOTEP (Jurnal Inovasi Dan Teknologi Pembelajaran): Kajian Dan Riset Dalam Teknologi Pembelajaran*, 7(2), 66–75. <https://doi.org/10.17977/um031v7i22020p066>
- Haricahyo, D., Mubarak, A., Wibowo, U. L. N., & Arif, R. (2020). Pengembangan Profesionalitas Guru Sesuai Tuntutan Revitalisasi Pendidikan Vokasi. *Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan Dan Sosial*.
- Keiler, L. S. (2018). Teachers' roles and identities in student-centered classrooms. *International Journal of STEM Education*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0131-6>
- Kurniawan, E. D. (2015). Permasalahan SMK Yang Baru Didirikan Dalam Menghadapi Masyarakat Ekonomi Asean. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Teknik Mesin FKIP Unsri, November*, 80–87.
- Kuswana, W. S. (2013). *Filsafat Pendidikan Teknologi, Vokasi dan Kejuruan*. Alfabeta.

- Mu'minah, I. H., & Aripin, I. (2019). Implementasi Pembelajaran IPA Berbasis STEM Berbantuan ICT untuk Meningkatkan Keterampilan Abad. *Sainsmat : Jurnal Ilmiah Ilmu Pengetahuan Alam*, 8(2), 28. <https://doi.org/10.35580/sainsmat82107172019>
- Nair, P. R., Khokhawat, H., & Chittawadigi, R. G. (2018). ACAM: A CNC Simulation Software for Effective Learning. *Procedia Computer Science*, 133, 823–830. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.07.113>
- Nugroho, O. F., Permanasari, A., & Firman, H. (2019). The movement of stem education in Indonesia: Science teachers' perspectives. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(3), 417–425. <https://doi.org/10.15294/jpii.v8i3.19252>
- Nugroho, T. U., & Sukardi, T. (2019). Developing project based learning module of CNC milling mechanical technique on mechanical engineering department vocational high schools in Surakarta. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 535(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/535/1/012027>
- Prabowo, S., & Palupi, A. E. (2013). Pengembangan Modul Pembelajaran CNC II Untuk Meningkatkan Efektivitas Belajar Mahasiswa Program Studi D3 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya. *JPTM*, 1(3), 77–85.
- Prasetya, F., Fajri, B. R., & Ranuharja, F. (2020). Development design augmented reality-based jobsheet in CNC programming subjects. *International Journal of Innovation, Creativity and Change*, 10(11), 50–67.
- Prianto, E., & Pramono, H. S. (2017). Proses Permesinan Cnc Dalam Pembelajaran Simulasi Cnc. *Jurnal Edukasi Elektro*, 1(1), 62–68. <https://doi.org/10.21831/jee.v1i1.15110>
- Purwoko, B. S. H. (2009). Pengembangan Mesin CNC Virtual sebagai Media Interaktif dalam Pembelajaran Pemrograman CNC. *Jurnal Penelitian Dan Evaluasi Pendidikan*, 13(2).
- Riyana, C., & Susilana, R. (2008). *Media Pembelajaran*. Wacana Prima.
- Safrendi, N., Syofii, I., & Darlius. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran Modul Pada Mata Kuliah CNC di Program Studi Pendidikan Teknik Mesin. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 7(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.36706/jptm.v7i2.8689>
- Setiono. (2018). *Manajemen Sarana dan Prasarana Pendidikan di SMK Muhammadiyah 1 Purbalingga* [IAIN Purwokerto]. <http://repository.iainpurwokerto.ac.id/4913/>
- Sudira, P. (2016). *TVET Abad XXI: Filosofi, Teori, Konsep, dan Strategi Pembelajaran Vokasional*. UNY Press.
- Sukendra, I. K., Surat, I. M., & Darmada, I. M. (2022). Pengembangan Bahan Ajar Matematika Vokasi Digital Berbasis Stem Di Smk Pada Materi Trigonometri. *Widyadari: Jurnal ...*, 23(1). <https://doi.org/10.5281/zenodo.6390927>
- Tahir, M. A. (2017). Analisis pemenuhan standar sarana prasarana pendidikan berbasis standar nasional pendidikan pada jenjang SMK di Sulawesi Tenggara. *Teknologi Terapan Berbasis Kearifan Lokal (SNT2BKL)*, 17, 144–152.
- Thiagarajan, S., Semmel, D. ., & Semmel, M. (1974). *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children* (Indiana). Indiana University Bloomington.
- Trianto. (2010). *Model Pembelajaran Terpadu, Konsep, Strategi dan Implementasinya dalam KTSP*. Bumi Aksara.

- Wardina, U. V., Jalinus, N., & Asnur, L. (2019). Kurikulum Pendidikan Vokasi Pada Era Revolusi Industri 4.0. *Jurnal Pendidikan*, 20(1), 82. <https://doi.org/10.33830/jp.v20i1.843.2019>
- Widayanto, L. D., & Utama, F. Y. (2018). Pengembangan Modul Pembelajaran CNC Dengan Pengaturan Titik Awal Pada Posisi Center Menggunakan Software Mach3 SMK Negeri 5 Surabaya. *JPTM*, 7(2), 21–27.
- Zulaiha, F., & Kusuma, D. (2020). Pengembangan Modul Berbasis STEM untuk Siswa SMP. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 6(2), 246–255. <https://doi.org/10.29303/jpft.v6i2.2182>