

PENGEMBANGAN MODUL GAMBAR TEKNIK MANUFAKTUR BERBASIS DIGITAL PADA SMKN 1 DRIYOREJO TEKNIK PEMESINAN DI ERA 4.0

DARRIS DAFFA FAUZAN

S-1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: darrisdaffa.22012@mhs.unesa.ac.id

Dr. Nur Aini Susanti. S.Pd., M.Pd.

S-1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: nursusanti@unesa.ac.id

Abstrak

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan mengadaptasi model pengembangan Borg & Gall. Subjek penelitian ini adalah 30 siswa program keahlian Teknik Pemesinan. Pengumpulan data dilakukan menggunakan instrumen kuesioner validasi yang dinilai oleh ahli materi dan ahli media, serta instrumen tes untuk mengukur capaian kompetensi peserta didik. Data dianalisis menggunakan teknik analisis deskriptif kuantitatif. Hasil penelitian menunjukkan: (1) tingkat kelayakan modul digital berdasarkan hasil validator ahli materi dan ahli media secara keseluruhan memperoleh kategori "sangat layak"; dan (2) penggunaan modul bahan ajar digital ini mendapatkan dampak positif terhadap hasil belajar siswa pada mata pelajaran Gambar Teknik Manufaktur. Kesimpulannya, modul digital berbantuan Autodesk Inventor ini sangat layak dan efektif diimplementasikan sebagai solusi inovatif untuk mendukung kemandirian dan efektivitas pembelajaran di Sekolah Menengah Kejuruan.

Kata Kunci: Modul digital, Gambar Teknik Manufaktur, Autodesk Inventor, Project Based Learning, Sekolah Menengah Kejuruan

Abstract

This study uses the Research and Development (R&D) method by adapting the Borg & Gall development model. The subjects of this study were 30 students of the Mechanical Engineering expertise program. Data collection was carried out using a validation questionnaire instrument assessed by material experts and media experts, as well as a test instrument to measure student competency achievement. Data were analyzed using quantitative descriptive analysis techniques. The results of the study show: (1) the level of feasibility of the digital module based on the results of the validator of material experts and media experts as a whole obtained the category "very feasible"; and (2) the use of this digital learning material module has a positive impact on student learning outcomes in the Manufacturing Engineering Drawing subject. In conclusion, this digital module assisted by Autodesk Inventor is very feasible and effective to be implemented as an innovative solution to support independence and effectiveness of learning in Vocational High Schools.

Keywords: Digital Module, Manufacturing Engineering Drawing, Autodesk Inventor, Project-Based Learning, Vocational High Schools

PENDAHULUAN

Pendidikan kejuruan di Indonesia, khususnya Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), mengemban mandat krusial sebagai institusi pencetak sumber daya manusia yang kompeten, terampil, dan adaptif terhadap dinamika dunia usaha dan dunia industri (DUDI). Sebagaimana dikemukakan oleh Djojonegoro (1998), pendidikan kejuruan pada hakikatnya merupakan pendidikan yang bertujuan untuk menyiapkan peserta didik agar siap memasuki lapangan kerja dan mengembangkan sikap profesional. Pada era Revolusi Industri 4.0, paradigma SMK dihadapkan pada disrupsi teknologi dan digitalisasi yang menuntut adanya penyesuaian (link and match) yang masif antara kurikulum sekolah dengan kebutuhan industri.

Dalam struktur kurikulum program keahlian Teknik Pemesinan, mata pelajaran Gambar Teknik Manufaktur merupakan salah satu kompetensi keahlian esensial yang menjadi fondasi dasar bagi kompetensi lanjutan. Sato dan Sugiarto (2013) mendefinisikan gambar teknik sebagai "bahasa teknik" universal yang digunakan untuk

mengonsep, mengomunikasikan, dan mengeksekusi proses perancangan hingga produksi manufaktur secara presisi. Secara ideal, proses pembelajaran pada mata pelajaran ini mengharuskan adanya fasilitas, perangkat pembelajaran, dan bahan ajar yang komprehensif, interaktif, serta relevan dengan teknologi terkini, seperti penggunaan perangkat lunak Autodesk Inventor.

Fakta empiris yang ditemukan berdasarkan observasi dan studi pendahuluan di SMKN 1 Driyorejo pada program keahlian Teknik Pemesinan menunjukkan adanya discrepanansi antara kondisi ideal dengan realita di lapangan. Permasalahan utama yang teridentifikasi adalah belum tersedianya bahan ajar berupa modul pembelajaran yang terstandarisasi pada mata pelajaran tersebut. Selama ini, proses pembelajaran berjalan tanpa adanya panduan materi yang terstruktur secara mandiri bagi siswa. Akibatnya, pemahaman materi sangat bergantung pada instruksi langsung dari pendidik (berpusat pada guru atau teacher-centered) atau sumber belajar yang masih terfragmentasi. Ketiadaan modul ini berdampak pada rendahnya kemandirian belajar siswa serta kurangnya efisiensi waktu dalam proses transfer pengetahuan

(transfer of knowledge), baik di ruang kelas teori maupun di bengkel praktik. Padahal, menurut Prastowo (2015), bahan ajar berperan sangat penting dalam mengarahkan siswa untuk belajar secara mandiri, sistematis, dan terukur.

Kondisi tersebut melahirkan urgensi yang mendesak untuk segera diatasi. Apabila kekosongan bahan ajar ini dibiarkan, capaian kompetensi siswa pada mata pelajaran Gambar Teknik Manufaktur tidak akan memenuhi target kurikulum yang telah ditetapkan. Dampak sistemik dari permasalahan ini adalah terhambatnya pengembangan keterampilan teknis (hard skills) siswa. Pada akhirnya, hal ini berpotensi mendegradasi kualitas lulusan SMKN 1 Driyorejo, sehingga mereka tidak siap bersaing dalam memenuhi kualifikasi rekrutmen di industri manufaktur modern yang kini telah bertransformasi sepenuhnya ke arah digital.

Sebagai upaya resolusi akademis dan praktis dalam memecahkan permasalahan tersebut, diperlukan adanya inovasi pedagogik melalui perancangan dan pengembangan bahan ajar berupa modul pembelajaran berbasis digital. Inisiasi modul digital dinilai sebagai solusi yang sangat relevan untuk mengatasi keterbatasan instrumen belajar. Daryanto (2013) mengemukakan bahwa modul yang dikemas secara digital atau interaktif dapat memfasilitasi visualisasi materi yang lebih riil dan komprehensif. Modul digital ini dirancang untuk mempermudah siswa memahami Autodesk Inventor melalui visualisasi objek 2D/3D yang jelas, menawarkan fleksibilitas akses tanpa batasan ruang dan waktu, serta memudahkan pembaruan materi agar selalu beriringan dengan standar Industri 4.0.

Berdasarkan konstelasi permasalahan, signifikansi, dan urgensi perbaikan kualitas pembelajaran yang telah diuraikan, maka peneliti memandang perlu untuk melaksanakan penelitian dan pengembangan (Research and Development). Mengacu pada pendekatan yang dikemukakan oleh Borg dan Gall (1989), penelitian pengembangan ini bertujuan untuk merancang, mengembangkan, serta menguji kelayakan produk.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan Borg&Gall dengan 10 tahapan (Penelitian dan pengumpulan informasi, Perencanaan, Pengembangan bentuk produk awal, Uji coba lapangan awal, Revisi produk utama, Uji coba lapangan utama, Revisi produk operasional, Uji coba lapangan operasional, Revisi produk akhir, Diseminasi dan implementasi) Model ini dipilih karena sesuai dengan tujuan penelitian, peneliti mengembangkan sebuah produk instruksional baru berupa Modul Gambar Teknik Manufaktur Berbasis Digital berbantuan software Autodesk Inventor dengan integrasi sintaks model pembelajaran berbasis proyek atau *Project Based Learning* (PjBL).

Desain dan rancangan prosedural dalam penelitian ini mengadaptasi siklus model pengembangan instruksional Borg & Gall yang disesuaikan secara operasional dengan batasan waktu dan lingkup riset tingkat sarjana. Secara kontekstual, pelaksanaan penelitian pengembangan ini

diarahkan untuk menjawab tantangan transformasi digital pendidikan vokasi di era Industri 4.0

Tempat Penelitian dan Waktu Penelitian

1. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di SMK Negeri 1 Driyorejo, yang beralamat di Alamat SMKN 1 Driyorejo terletak di Jl. Mirah Delima Kota Baru Driyorejo (KBD) GRESIK, Gadung, Kec. Driyorejo, Kab. Gresik, Jawa Timur.

2. Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian ini berlangsung selama 7 bulan, dimulai pada bulan Oktober 2025 sampai dengan Mei 2026.

Pupulasi dan Sampel

1. Populasi

Seluruh siswa kelas XI Teknik Pemesinan (TPM) 3 Program Keahlian Teknik Pemesinan di SMK Negeri 1 Driyorejo.

2. Sampel

Siswa kelas XI Teknik Pemesinan (Tpm) 3 sebanyak 30 orang yang dipilih karena sesuai kebutuhan penelitian.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian pengembangan (*Research & Development*) ini dilakukan secara terstruktur untuk menghimpun data yang valid dan reliabel. Pengumpulan data ditujukan untuk dua hal utama, yaitu mengukur tingkat kelayakan modul digital yang dikembangkan dan mengukur efektivitas modul terhadap hasil belajar siswa. Adapun teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Angket

Angket atau kuesioner digunakan untuk mengumpulkan data kuantitatif terkait tingkat kelayakan produk modul bahan ajar digital yang sedang dikembangkan. Kuesioner ini dibagikan kepada para ahli (*expert judgement*) yang terdiri dari:

- Ahli Materi: Untuk menilai kesesuaian, kedalaman, dan keakuratan materi Gambar Teknik Manufaktur berbantuan perangkat lunak Autodesk Inventor.

- Ahli Media: Untuk menilai desain antarmuka, kemudahan navigasi (*usability*), tipografi, dan kelayakan aspek visual dari modul digital.

Data dari angket ini berskala (skala Likert) yang kemudian dianalisis secara deskriptif kuantitatif untuk menyimpulkan kategori kelayakan modul sebelum diujicobakan kepada siswa.

2. Tes

Teknik tes digunakan untuk mengumpulkan data mengenai tingkat pemahaman dan penguasaan pengetahuan siswa terhadap materi yang diajarkan menggunakan modul digital. Tes yang diberikan berupa tes objektif pilihan ganda (*multiple choice*)

sebanyak 10 butir soal. Pengumpulan data menggunakan teknik tes ini dibagi menjadi dua tahap pelaksanaan:

- Pre-test* (Tes Awal): Diberikan sebelum siswa menggunakan modul digital untuk mengetahui kemampuan awal (*prior knowledge*) siswa terkait dasar-dasar Autodesk Inventor.
- Post-test* (Tes Akhir): Diberikan setelah siswa menyelesaikan proses pembelajaran menggunakan modul digital untuk mengukur capaian dan peningkatan kompetensi pengetahuan siswa. Selisih nilai antara *pre-test* dan *post-test* digunakan untuk menguji efektivitas modul yang dikembangkan

Tabel 1. Pengumpulan Data

Teknik	Instrumen	Responden	Data yang Diperoleh
Angket	Validasi Ahli Materi	1. Suparno, S.T 2. Abdul Khamid, S.Pd., M.M. 3. Heri Yudianto, S.T., M.Pd., Gr.	Kelayakan modul
	Validasi Ahli Media	1. Abdul Chamid S.Pd., M.M. 2. Suparno S.T. 3. Heri Yudianto, S.T., M.Pd., Gr.	
Tes	Pre-Test & Post-Test	30 Siswa SMKN 1 Driyorejo XI Tpm 1	Hasil Belajar Siswa

Teknik Analisa Data

Analisis data dalam penelitian ini bertujuan untuk mengolah data yang diperoleh dari hasil angket validasi ahli dan hasil tes siswa menjadi informasi yang dapat ditarik kesimpulannya. Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian pengembangan ini dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu analisis kelayakan modul digital dan analisis peningkatan hasil belajar siswa.

1. Analisis Validasi Ahli

Data yang diperoleh dari angket validasi oleh ahli materi dan ahli media dianalisis menggunakan teknik analisis deskriptif kuantitatif dengan persentase. Penilaian pada instrumen angket ini menggunakan skala Likert. Langkah-langkah dalam menganalisis data kelayakan modul adalah sebagai berikut:

- Menghitung skor total aktual dari masing-masing validator ahli materi dan ahli media.
- Menghitung persentase kelayakan menggunakan rumus yang diadaptasi dari Sudijono (2010):

$$P = \frac{\sum x}{\sum x_{maks}} \times 100\%$$

Keterangan:

P = Persentase kelayakan

$\sum x$ = Jumlah skor yang diperoleh

$\sum x_{maks}$ = Skor maksimal

- Mengonversikan hasil persentase yang diperoleh ke dalam tabel kriteria kelayakan untuk mengambil keputusan terhadap produk yang dikembangkan, seperti yang tertera pada tabel di bawah ini:

Tabel 2. Presentase Kelayakan Modul

Presentase Capaian	Kategori Kelayakan	Tindakan / Interpretasi
81 - 100	Sangat Layak	Produk dapat digunakan tanpa revisi
61 - 80	Layak	Produk dapat digunakan dengan revisi kecil
41 - 60	Cukup Layak	Produk dapat digunakan dengan revisi sebagian
21 - 40	Kurang Layak	Produk belum boleh digunakan dan butuh revisi besar
0 - 20	Tidak Layak	Produk tidak boleh digunakan

2. Analisis Peningkatan Hasil Belajar

Untuk mengukur efektivitas penggunaan modul digital dalam meningkatkan hasil belajar kognitif siswa antara sebelum (*pre-test*) dan sesudah (*post-test*) diberikan perlakuan (*treatment*), digunakan analisis *Normalized Gain* (*N Gain*). Rumus perhitungan *N Gain* yang digunakan merujuk pada Hake (1999) adalah sebagai berikut:

$$N\text{ Gain} = \frac{\text{Skor Posttest} - \text{Skor Pretest}}{\text{Skor Ideal} - \text{Skor Pretest}}$$

Keterangan:

- N Gain* = Skor *N-Gain* yang diperoleh siswa.
- Skor Post-test = Nilai tes akhir setelah menggunakan modul digital.
- Skor Pre-test = Nilai tes awal sebelum menggunakan modul digital.
- Skor Maksimum Ideal = Nilai maksimal yang mungkin dicapai siswa pada instrumen tes.

Setelah nilai *N Gain* diperoleh, tingkat peningkatan hasil belajar diklasifikasikan berdasarkan kriteria perolehan skor *N-Gain* menurut Hake (1999) berikut ini:

Tabel 3. Kriteria Perolehan Skor N Gain

Koefisien N Gain	Kategori Efektivitas / Peningkatan
$g > 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq g \leq 0,7$	Sedang
$g < 0,3$	Rendah

Beberapa peneliti mengubah nilai N-Gain ke dalam bentuk persentase (Nilai N-Gain dikali 100) untuk mengukur tingkat efektivitas suatu metode. Kriterianya adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Tafsiran Efektivitas Skor N Gain

Kriteria Perolehan Skor N Gain	Tafsiran Efektivitas
> 76	Efektif
56 – 75	Cukup Efektif
40 – 55	Kurang Efektif
< 40	Tidak Efektif

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Pada bab ini dipaparkan hasil pengolahan data dan analisis komprehensif mengenai pengembangan Modul Gambar Teknik Manufaktur Berbasis Digital pada SMK Negeri 1 Driyorejo, Kompetensi Keahlian Teknik Pemesinan di Era Industri 4.0. Seluruh data empiris yang diperoleh dianalisis secara kuantitatif maupun deskriptif dengan mengacu pada 10 tahapan model pengembangan Research and Development (R&D) oleh Borg and Gall.

1. Tahap Penelitian dan Pengumpulan Informasi (Research and Information Collecting)

Tahap awal pengembangan dimulai dengan melakukan studi pendahuluan guna mengidentifikasi kebutuhan di lapangan (*needs assessment*) terkait proses pembelajaran Gambar Teknik Manufaktur di SMKN 1 Driyorejo. Langkah ini mencakup analisis keterbatasan bahan ajar konvensional serta pemetaan karakteristik siswa di era Industri 4.0.

Berdasarkan hasil wawancara otentik dengan guru mata pelajaran Gambar Teknik Manufaktur, yaitu Bapak Suparno, S.T. (sebagaimana terdokumentasi pada Lampiran 6), terungkap bahwa media ajar yang digunakan sebelumnya belum sepenuhnya adaptif terhadap integrasi teknologi digital software CAD (*Computer-Aided Design*).

Selanjutnya, peneliti melakukan analisis dokumen kurikulum yang berlaku di sekolah mitra. Diketahui bahwa sekolah menerapkan Kurikulum Merdeka pada Fase F untuk elemen Gambar Teknik Manufaktur dengan rincian Capaian Pembelajaran (CP) sebagai berikut:

Gambar 1. KI/KD SMKN 1 Driyorejo

Fase	F
Elemen	Gambar Teknik Manufaktur
Capaian Pembelajaran	Pada akhir fase F, peserta didik mampu memahami aturan gambar dan tanda pengerjaan, penerapan alat ukur dasar dan presisi pada perancangan gambar, sistem koordinat gambar, perancangan gambar sederhana, perancangan gambar detail, perancangan gambar rakitan yang kompleks.

2. Tahap Perencanaan (Planning)

Pada tahap perencanaan, peneliti merumuskan tujuan instruksional pembelajaran, menyusun peta konsep materi Gambar Teknik Manufaktur, memilih instrumen evaluasi, serta merencanakan integrasi perangkat lunak Autodesk Inventor dengan sintaks Project Based Learning (PjBL) ke dalam modul.

Salah satu instrumen evaluasi yang dirancang adalah tugas konstruksi geometris berupa pembuatan unit mur segi enam M22 X 2 menggunakan Autodesk Inventor 2020. Rubrik penilaian dirancang secara terukur berdasarkan parameter pembentukan bagian objek yang mencakup indikator ketepatan perintah (*command*) dan deskripsi penggunaannya. Ketentuan penskoran diatur sebagai berikut:

Gambar 2. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran

Indikator penilaian terdapat:

Kategori	Indikator	Bobot
1. Mengetahui	Mengetahui perintah gambar teknik	10
2. Mengetahui	Mengetahui perintah gambar teknik	10
3. Mengetahui	Mengetahui perintah gambar teknik	10
4. Mengetahui	Mengetahui perintah gambar teknik	10
5. Mengetahui	Mengetahui perintah gambar teknik	10
6. Mengetahui	Mengetahui perintah gambar teknik	10
7. Mengetahui	Mengetahui perintah gambar teknik	10
8. Mengetahui	Mengetahui perintah gambar teknik	10
9. Mengetahui	Mengetahui perintah gambar teknik	10
10. Mengetahui	Mengetahui perintah gambar teknik	10
Jumlah	Jumlah	100

3. Tahap Pengembangan Format Produk Awal (Develop Preliminary Form of Product)

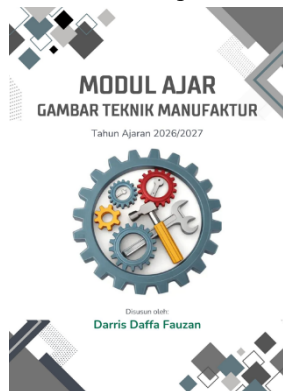
Proses penyusunan dan pembuatan draf awal modul digital (*Prototipe 1*). Proses ini mencakup perancangan tata letak (*layout*), penulisan materi, penyisipan video tutorial penggunaan Autodesk Inventor, serta penyusunan lembar kerja proyek (*project sheet*) berbasis industri.

Realisasi dari draf perencanaan diwujudkan melalui penyusunan format dan pembuatan produk awal modul digital yang dikategorikan sebagai *Prototipe 1*. Proses ini berfokus pada perancangan tata letak (*layout*), penulisan substansi materi, penyisipan video tutorial Autodesk Inventor, serta penyusunan lembar kerja proyek (*project sheet*) berbasis standar industri. Tampilan visual dari produk awal ini diwakili oleh desain sampul luar bertajuk "Modul Ajar Gambar

Teknik Manufaktur Tahun Ajaran 2026/2027" yang disusun oleh peneliti.

Cetakan (*print-out*) atau tangkapan layar antarmuka (*interface*) draf awal Modul Digital (*Prototype 1*).

Gambar 3. Sampul Modul



4. Tahap Uji Coba Lapangan Awal (*Preliminary Field Testing*)

Uji coba lapangan awal dilaksanakan dalam bentuk evaluasi formatif untuk menguji kelayakan teoretis produk awal (*Prototype 1*). Penilaian dilakukan secara kuantitatif melalui lembar validasi yang diisi oleh tim ahli, terdiri atas 3 orang Ahli Materi dan 3 orang Ahli Media. Validator dalam penelitian ini adalah,

Tabel 5. Validator Ahli Media dan Ahli Materi

Nama	Jabatan
Suparno, S.T.	Guru Mata Pelajaran
Abdul Khamid, S.Pd., M.M.	Kepala Jurusan Teknik Pemesinan
Heri Yudianto, S.T., M.Pd., Gr.	Wakil Kepala Jurusan Teknik Pemesinan

Untuk mengetahui tingkat kelayakan produk modul digital yang dikembangkan, peneliti mengumpulkan data kuantitatif melalui instrumen penilaian (lembar validasi) yang diisi oleh tiga orang validator ahli. Validasi ini dilaksanakan pada bulan Februari 2026 oleh tim ahli materi dan ahli media yang relevan di bidangnya.

a. Validasi Ahli Materi

Validasi ahli materi bertujuan untuk menilai kualitas substansi isi modul, kesesuaian kurikulum (CP/ATP), aspek pedagogis, serta kebermanfaatan modul bagi peserta didik. Penilaian diberikan oleh tiga validator, yaitu:

- 1) Suparno, S.T
- 2) Abdul Khamid, S.Pd., M.M.
- 3) Heri Yudianto, S.T., M.Pd., Gr.

Komentar dan Saran Ahli Materi:

tim ahli materi menyimpulkan bahwa materi di dalam modul sudah sangat baik, runtut, serta sesuai dengan kebutuhan perangkat CAD Inventor di era industri 4.0. Namun, ahli materi memberikan catatan penting agar dilakukan penajaman visualisasi pada penyajian proyeksi ortogonal dan piktorial agar konsep standar ISO/SNI tersampaikan lebih kuat pada indikator konsep gambar. Ketiga validator menyimpulkan bahwa produk ini "Layak digunakan untuk uji coba tanpa revisi/dengan revisi minor".

b. Validasi Ahli Media

Validasi ahli media ditujukan untuk mengevaluasi modul digital dari aspek desain tata letak (*layout*), jenis/ukuran huruf, sistem navigasi (*hyperlink* dan *tombol*), aspek teknis lintas sistem operasi perangkat (*smartphone/PC*), serta fungsionalitas fitur *video/animasi*. Evaluasi dilakukan oleh tim validator ahli media (Abdul Khamid, Heri Yudianto, dan Suparno).

Komentar dan Saran Ahli Media:

Karakteristik media dinilai sangat interaktif dan memiliki beban komparasi data yang ringan saat diakses via *smartphone* siswa kelas XI. Saran perbaikan teknis berfokus pada penyesuaian ukuran *tombol navigasi* halaman utama agar tidak terlalu berdekatan, guna menghindari terjadinya salah baca saat dilihat pada layar perangkat seluler yang kecil

c. Rekapitulasi Penilaian Kelayakan Modul

Untuk memberikan visualisasi kesimpulan kelayakan produk secara menyeluruh berdasarkan konvensi statistik, disajikan tabel rekapitulasi total penilaian berikut:

Tabel 6. Rekapitulasi Akhir Validasi Modul

No	Bidang Kepakaran Ahli	Rata-rata Skor Aktual	Persentase Kelayakan (%)	Kategori Kelayakan
1	Kelayakan Aspek Materi	3,73	93,33%	Sangat Layak / Sangat Valid
2	Kelayakan Aspek Media	3,75	93,75%	Sangat Layak / Sangat Valid
Rata-rata Akumulatif Akhir		3,74	93,54 %	Sangat Layak

Berdasarkan Tabel 6., perolehan persentase kelayakan kolektif menyentuh angka 93,54%. Dalam skala konversi persentase kelayakan akademik, hasil ini menempatkan produk modul digital berada pada kategori "Sangat Layak". Dengan demikian, produk

secara regulasi instruksional siap untuk diimplementasikan ke tahap uji coba lapangan utama guna mengukur hasil belajar siswa.

5. Tahap Revisi Produk Utama (*Main Product Revision*)

Melakukan perbaikan dan penyempurnaan terhadap draf modul digital berdasarkan saran, kritik, dan rekomendasi perbaikan yang diberikan oleh para ahli materi dan ahli media pada tahap uji coba awal sehingga menghasilkan Prototipe 2.

Bukti / Lampiran yang Dibutuhkan:

Tabel 7. Saran Validator dan Tindakan

Saran	Tindakan
Ukuran tombol navigasi halaman utama terlalu berdekatan sehingga berisiko salah tekan pada layar perangkat seluler yang kecil.	Peneliti mengubah konfigurasi halaman utama dengan memperbesar skala ikon navigasi serta memperluas jarak padding (ruang antar-elemen) sehingga lebih ergonomis dan responsif saat diakses via smartphone siswa kelas XI.
Visualisasi pada penyajian proyeksi ortogonal dan piktorial kurang tajam untuk menguatkan indikator standar ISO/SNI.	Peneliti melakukan pembaruan grafis (re-design) pada ilustrasi gambar proyeksi ortogonal dan piktorial dengan menaikkan resolusi gambar (HD), memperjelas pemetaan garis bantu proyeksi, serta memberikan penegasan tebal-tipis garis sesuai regulasi standar ISO/SNI.
Diperlukan tambahan materi pengayaan untuk memfasilitasi pemahaman mendalam dan kelancaran motorik siswa dalam menjalankan aplikasi Autodesk Inventor.	Peneliti menambahkan lembar informasi khusus (Quick Reference Guide) yang memuat daftar Shortcuts Command penting, serta diagram alir logika pemodelan (mulai dari tahapan 2D Sketch, Constrain, hingga eksekusi 3D Feature). Dan juga penambahan materi yaitu mur & baut. Penambahan ini bertujuan untuk mempercepat proses adaptasi psikomotorik dan kelancaran siswa dalam

Saran	Tindakan
	mengoperasikan software CAD.

6. Tahap Uji Coba Lapangan Utama (*Main Field Testing*)

Prototipe 2 yang telah direvisi diujicobakan secara terbatas pada situasi nyata di kelas. Uji coba dilakukan kepada subjek penelitian, yaitu 30 siswa program keahlian Teknik Pemesinan di SMKN 1 Driyorejo guna mengukur dampak penggunaan modul terhadap hasil belajar.

Bukti / Lampiran yang Dibutuhkan:

a. Lampiran Daftar Hadir 30 Siswa saat uji coba

Gambar 4. Lampiran Data Siswa

No	Nama Siswa	Pengambilan Soal	Pengumpulan Soal
1	MUHAMMAD MUHAMMAD		
2	MUHAMMAD MUHAMMAD		
3	MUHAMMAD MUHAMMAD		
4	MUHAMMAD MUHAMMAD		
5	MUHAMMAD MUHAMMAD		
6	MUHAMMAD MUHAMMAD		
7	MUHAMMAD MUHAMMAD		
8	MUHAMMAD MUHAMMAD		
9	MUHAMMAD MUHAMMAD		
10	MUHAMMAD MUHAMMAD		
11	MUHAMMAD MUHAMMAD		
12	MUHAMMAD MUHAMMAD		
13	MUHAMMAD MUHAMMAD		
14	MUHAMMAD MUHAMMAD		
15	MUHAMMAD MUHAMMAD		
16	MUHAMMAD MUHAMMAD		
17	MUHAMMAD MUHAMMAD		
18	MUHAMMAD MUHAMMAD		
19	MUHAMMAD MUHAMMAD		
20	MUHAMMAD MUHAMMAD		
21	MUHAMMAD MUHAMMAD		
22	MUHAMMAD MUHAMMAD		
23	MUHAMMAD MUHAMMAD		
24	MUHAMMAD MUHAMMAD		
25	MUHAMMAD MUHAMMAD		
26	MUHAMMAD MUHAMMAD		
27	MUHAMMAD MUHAMMAD		
28	MUHAMMAD MUHAMMAD		
29	MUHAMMAD MUHAMMAD		
30	MUHAMMAD MUHAMMAD		

b. Foto-foto dokumentasi pelaksanaan penelitian di kelas/lab.

Gambar 5. Dokumentasi Penelitian



7. Tahap Revisi Produk Operasional (*Operational Product Revision*)

Melakukan perbaikan dan penyempurnaan produk berdasarkan kendala, temuan, atau masukan yang muncul selama pelaksanaan uji coba lapangan utama bersama 30 siswa.

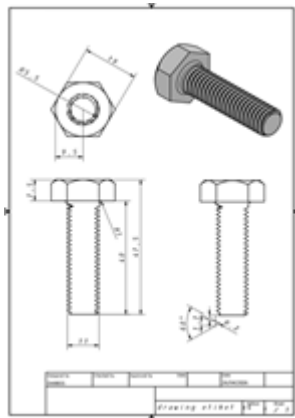
Bukti / Lampiran yang Dibutuhkan:

Catatan lapangan (*field notes*) peneliti mengenai kendala teknis dan bukti penanganannya pada produk akhir.

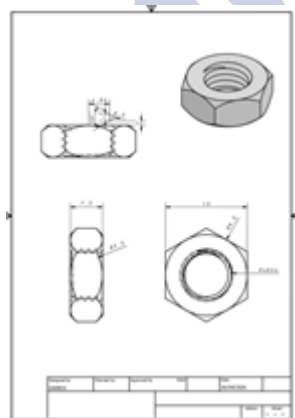
Peneliti melakukan penyempurnaan akhir terhadap aspek operasional produk berdasarkan kendala atau

temuan yang muncul selama pelaksanaan uji coba bersama 30 siswa. Untuk mempercepat proses adaptasi psikomotorik, dokumentasi gambar kerja teknis disesuaikan dengan standarisasi proyeksi industri ke dalam lembar kerja modul, yang mencakup Gambar Kerja Baut (Gambar 6) dan Gambar Kerja Mur (Gambar 7).

Gambar 6. Gambar Kerja Baut



Gambar 7. Gambar Kerja Mur



8. Tahap Uji Coba Lapangan Khusus/Operasional (Operational Field Testing)

Tahap ini difokuskan untuk membuktikan efektivitas produk secara kuantitatif melalui pengujian hasil belajar siswa. Pengumpulan data dilakukan dengan skema Pre-test (sebelum menggunakan modul) dan Post-test (sesudah menggunakan modul digital berbantuan Autodesk Inventor). Berdasarkan data otentik hasil pengujian terhadap 30 siswa, diperoleh ringkasan statistik deskriptif sebagai berikut:

Tabel 8. Deskripsi Capaian Nilai Pre-test dan Post-test

Parameter Deskriptif	Nilai Pre-test	Nilai Post-test	Perubahan Nilai Mutlak
Nilai Maksimum (Tertinggi)	90	100	+10
Nilai Minimum (Terendah)	10	80	+70
Rata-rata Kelas (Mean)	40,00	92,00	+52,00

Analisis data pada Tabel 8 membuktikan adanya lonjakan kemampuan pemahaman kompetensi siswa yang sangat signifikan. Nilai rata-rata kelas mengalami kenaikan tajam sebesar 52,00 poin (dari 40,00 menjadi 92,00). Selain itu, perolehan nilai minimum pasca-perlakuan yang berada di angka 80 mengindikasikan secara empiris bahwa seluruh peserta didik (100% secara klasikal) telah berhasil melampaui batas Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) yang ditetapkan.

9. Tahap Revisi Produk Akhir (Final Product Revision)

Melakukan penyempurnaan akhir terhadap modul digital berdasarkan hasil analisis data uji coba efektivitas, sehingga produk yang dihasilkan benar-benar valid, praktis, dan siap digunakan di Sekolah Menengah Kejuruan.

Uji efektivitas modul terhadap peningkatan kemampuan kognitif dilakukan pada tahap uji coba lapangan utama (Main Field Testing) yang melibatkan subjek sebanyak N = 30 siswa kelas XI Teknik Pemesinan 1 SMKN 1 Driyorejo. Pengumpulan data mengandalkan instrumen tes objektif melalui skema tes awal (Pre-test) dan tes akhir (Post-test).

Data nilai mentah siswa dianalisis menggunakan metode statistik deskriptif untuk mencari nilai tertinggi, terendah, dan nilai rata-rata (Mean).

Analisis Nilai Gain Ternormalisasi (Normalized Gain / N-Gain) Guna memastikan bahwa peningkatan skor antara pre-test dan post-test tersebut murni merupakan kontribusi signifikansi dari keefektifan penggunaan modul digital (bukan faktor kebetulan), maka dilakukan uji lanjut menggunakan analisis Normalized Gain (N-Gain) berbasis rumus Richard R. Hake (1999) sebagai berikut:

$$g = \frac{S_{post} - S_{pre}}{S_{maks} - S_{pre}}$$

Dimana:

- 1) S-pre (Rata-rata Pre-test) = 40
- 2) S-post (Rata-rata Post-test) = 92
- 3) S-maks (Skor Maksimal Ideal) = 100

Proses substitusi numerik ke dalam persamaan matematika:

$$g = \frac{92-40}{100-40}$$

$$g = \frac{52}{60}$$

$$g = 0,837275 = 0,84$$

Berdasarkan kalkulasi tingkat pertumbuhan individual pada data Pretest&Posttest, sebaran

efektivitas perolehan nilai N-Gain bagi masing-masing individu dari total 30 siswa diklasifikasikan pada Tabel 9.

Tabel 9 Distribusi Klasifikasi Indeks N-Gain

Rentang Nilai Indeks (g)	Kategori Kriteria (Hake)	Frekuensi Jumlah Siswa	Persentase (%)
$g > 0,7$	Tinggi	26 Siswa	86,67%
$0,3 \leq g \leq 0,7$	Sedang	3 Siswa	10,00%
$g < 0,3$	Rendah	1 Siswa	3,33%
Total Kelompok Sampel		30 Siswa	100%
Rata-rata N-Gain kelas (g)	0,837 (Tinggi)	Tinggi	

Mengacu pada patokan klasifikasi Hake (1999), indeks nilai rata-rata N-Gain kelas sebesar 0,837 berada di atas batas kriteria $g > 0,7$, yang bermakna tingkat peningkatan hasil belajar kognitif siswa berada dalam kategori "Tinggi". Dominasi sebaran siswa (86,67%) berada pada efektivitas tinggi, membuktikan kegunaan praktis modul digital ini sangat efektif dalam mendongkrak pemahaman materi gambar teknik secara merata.

10. Diseminasi dan Implementasi (*Dissemination and Implementation* — Sebagai Kelemahan Penelitian)

Tahap ke-10 dalam model Borg & Gall melibatkan penyebaran produk secara massal ke sekolah-sekolah lain, publikasi dalam jurnal ilmiah nasional/internasional, serta produksi massal secara komersial atau institusional skala luas.

Namun, tahap ke-10 ini menjadi keterbatasan dan kelemahan dalam penelitian skripsi ini. Peneliti tidak melaksanakan tahap diseminasi secara luas dikarenakan adanya keterbatasan waktu, biaya, serta ruang lingkup penelitian yang dibatasi hanya untuk pemenuhan syarat kelulusan tugas akhir (S1). Oleh karena itu, efektivitas modul digital ini baru teruji secara internal pada lingkup 30 siswa Teknik Pemesinan di SMKN 1 Driyorejo dan belum dapat digeneralisasikan secara massal untuk sekolah kejuruan lainnya tanpa adanya penelitian tindakan lebih lanjut

Pembahasan

Berdasarkan deskripsi hasil penelitian yang telah dipaparkan, fokus utama penelitian ini adalah menghasilkan produk berupa Modul Gambar Teknik Manufaktur Berbasis Digital yang valid, praktis, dan efektif guna mendukung pembelajaran pada Kompetensi Keahlian Teknik Pemesinan di SMK Negeri 1 Driyorejo.

1. Kelayakan Modul Pembelajaran

Prooses pengembangan modul digital ini mengacu pada model Research and Development (R&D) oleh Borg dan Gall. Sebelum diujicobakan secara operasional di kelas, produk awal (Prototipe 1) terlebih dahulu melalui tahap evaluasi formatif berupa uji validasi oleh ahli materi dan ahli media. Hal ini sejalan dengan menegaskan bahwa validasi ahli merupakan langkah krusial untuk memastikan kualitas teoretis dan meminimalkan kesalahan konsep sebelum produk diimplementasikan di lapangan (Sugiyono, 2019).

Berdasarkan data empiris yang dihimpun pada bulan Februari 2026 melalui lembar instrumen penilaian, tingkat kelayakan produk ini dinilai sangat tinggi oleh tim validator ahli. Validitas kualitas produk diuji secara komprehensif dari dua sudut pandang profesional, yaitu aspek substansi materi dan aspek desain media. Rekapitulasi penilaian teoritis dari kedua ranah tersebut menghasilkan data sebagai berikut:

Tabel 10. Rekapitulasi Akhir Validasi Modul

No	Bidang Kepakaran Ahli	Rata-rata Skor Aktual	Persentase Kelayakan (%)	Kategori Kelayakan
1	Kelayakan Aspek Materi	3,73	93,33%	Sangat Layak / Sangat Valid
2	Kelayakan Aspek Media	3,75	93,33%	Sangat Layak / Sangat Valid
Rata-rata Akumulatif Akhir		3,74	93,54%	Sangat Layak

Tingginya pencapaian validitas pada aspek materi (93,33%) didorong oleh pemenuhan indikator kurikulum yang sangat presisi. Berdasarkan penilaian dari Suparno, S.T., Abdul Khamid, S.Pd., M.M., dan Heri Yudianto, S.T., M.Pd., Gr., kesesuaian materi terhadap Capaian Pembelajaran dan Alur Tujuan Pembelajaran (CP/ATP) serta relevansinya terhadap kompetensi keahlian Teknik Pemesinan berhasil meraih persentase sempurna, yakni 100%. Poin esensial lain seperti dukungan modul terhadap operasional *software* Autodesk Inventor, kemudahan pemahaman konsep, peningkatan motivasi, dan penguatan keterampilan praktis CAD juga dinilai penuh (100%) oleh para ahli. Keterpaduan substansi ini menegaskan bahwa isi modul bertindak sebagai jembatan yang efektif untuk mengonstruksi pemahaman teoritis siswa ke dalam kecakapan praktis yang relevan dengan kebutuhan dunia kerja saat ini.

Di sisi lain, aspek kelayakan media mengantongi nilai validitas akumulatif sebesar 93,33%. Tingginya apresiasi

dari validator dipengaruhi oleh rancangan arsitektur modul digital yang dikembangkan secara adaptif (kompatibel penuh lintas perangkat smartphone maupun laptop/PC) dan ringan saat diakses oleh siswa kelas XI. Struktur ini memiliki interaktivitas navigasi yang tinggi sehingga menunjang kenyamanan siswa dalam melakukan aktivitas belajar mandiri (*independent learning*). Fleksibilitas teknis tersebut dibuktikan dengan skor maksimal 100% pada indikator kemudahan akses, kompatibilitas format file lintas sistem operasi, keringan spesifikasi perangkat, serta efisiensi distribusi file kepada siswa.

2. Komparasi Kelayakan dan Efektivitas dengan Penelitian Terdahulu

Ditinjau dari komponen tingkat kelayakan ahli, data skripsi (2026) menunjukkan capaian kelayakan materi sebesar 93,33% dan kelayakan media atau kelayakan kolektif sebesar 93,54%, sehingga secara keseluruhan masuk ke dalam kategori Sangat Layak. Jika dikomparasikan dengan penelitian terdahulu, capaian kelayakan kolektif skripsi ini berada sedikit di atas riset Sunarto (2021) yang mengembangkan modul Inventor dengan perolehan kelayakan materi sebesar 86,5% dan media sebesar 88,2% yang tergolong Sangat Layak. Capaian skripsi ini juga terbukti mengungguli riset Priyanto (2023) yang mengembangkan e-modul CAD interaktif dengan validasi ahli sebesar 89,0% untuk materi dan 91,5% untuk media. Hubungan komparatif ini menunjukkan tingkat relevansi dan kecocokan data yang sangat kuat, di mana keunggulan skor pada skripsi ini secara praktis didorong oleh integrasi presisi 100% terhadap Capaian Pembelajaran dan Alur Tujuan Pembelajaran (CP/ATP) Kurikulum Merdeka yang berlaku saat ini, serta optimalisasi ukuran file yang ringan sehingga sangat mudah untuk diakses via smartphone oleh siswa kelas XI.

Pada komponen peningkatan hasil belajar kognitif, data skripsi (2026) mencatat nilai mean pre-test sebesar 40,00 dan mean post-test sebesar 92,00, yang berarti terdapat eskalasi nilai rata-rata siswa yang sangat masif yaitu sebesar +52,00 poin. Temuan empiris ini dinilai cocok dan menguatkan hasil dari riset-riset terdahulu. Sebagai pembanding, riset Widarto & Kurniawan (2022) pada penerapan modul pembelajaran berbasis proyek CAD hanya meningkatkan rata-rata post-test kelas dari 62,50 menjadi 81,30. Selain itu, riset Utomo (2024) mengenai penggunaan modul digital Inventor mencatatkan hasil nilai rata-rata akhir siswa sebesar 84,50. Eskalasi nilai rata-rata siswa di SMKN 1 Driyorejo yang melesat tajam dari 40,00 ke 92,00 membuktikan adanya efektivitas instruksional yang jauh lebih masif. Lonjakan ekstrem ini sejalan (inline)

dengan temuan riset-riset tersebut, di mana visualisasi 3D dinamis dan penyematan video tutorial terbukti sukses memangkas knowledge gap (kesenjangan pemahaman) secara signifikan bagi siswa dengan kemampuan awal yang rendah.

Pada komponen indeks pertumbuhan hasil belajar atau skor N-Gain, skripsi (2026) berhasil memperoleh skor N-Gain sebesar 0,84 yang termasuk ke dalam kategori Tinggi, dengan sebaran persentase mencapai 86,67% siswa berada di kategori pertumbuhan tinggi. Karakteristik data ini dinilai sangat relevan jika dikomparasikan dengan riset Prasetyo (2020), di mana penggunaan modul gambar manufaktur cetak konvensional tercatat hanya

3. Efektivitas Modul terhadap Peningkatan Hasil Belajar Siswa

Efektivitas penerapan modul digital Gambar Teknik Manufaktur berbasis Autodesk Inventor dikonfirmasi secara empiris melalui lonjakan performa akademik kognitif siswa secara masif. Implementasi produk pada tahap uji coba lapangan utama (*Main Field Testing*) terhadap 30 siswa kelas XI Teknik Pemesinan 1 SMKN 1 Driyorejo menyingkap pergeseran kurva nilai yang sangat signifikan antara kondisi sebelum (*pre-test*) dan sesudah perlakuan (*post-test*). Komparasi parameter deskriptif hasil belajar siswa dirangkum pada visualisasi tabel berikut:

Tabel 11. Komparasi parameter deskriptif hasil belajar siswa

Parameter Deskriptif	Nilai Pre-test	Nilai Post-test	Perubahan Nilai Mutlak
Nilai Maksimum (Tertinggi)	90	100	+10
Nilai Minimum (Terendah)	10	80	+70
Rata-rata Kelas (Mean)	40,00	92,00	+52,00

Merujuk pada Tabel deskripsi di atas, terjadi eskalasi nilai rata-rata kelas (Mean) sebesar 52,00 poin, yang melesat tajam dari angka awal 40,00 saat pre-test menjadi 92,00 saat post-test. Temuan yang paling krusial adalah pergeseran nilai minimum siswa yang semula berada di angka ekstrem bawah (10) berhasil diangkat hingga menyentuh angka 80 pasca-penggunaan modul. Berdasarkan batas ketuntasan akademik, pencapaian ini menegaskan keberhasilan ketuntasan klasikal 100% di atas Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM). Angka-angka ini menjadi bukti kuat bahwa modul digital mampu memangkas kesenjangan pemahaman awal (knowledge gap) antar-individu siswa secara tuntas.

Guna memastikan bahwa lonjakan nilai ini murni representasi dari keefektifan penggunaan modul digital (bukan faktor kebetulan), analisis deskriptif diperkuat melalui pengujian statistik inferensial menggunakan indeks Normalized Gain (N-Gain). Berdasarkan kalkulasi matematis menggunakan rumus Richard R. Hake (1999), indeks pertumbuhan rata-rata N-Gain kelas menyentuh angka 0,837 (0,84) yang secara rigid masuk dalam Kategori Tinggi. Jika ditinjau dari distribusi persebaran individu, sebanyak 26 siswa (86,67%) berada pada kategori pertumbuhan tinggi, 3 siswa (10,00%) berada pada kategori sedang, dan hanya 1 siswa (3,33%) yang berada di kategori rendah.

Keberhasilan perolehan gain yang tinggi ini secara teoretis didukung kuat oleh pemenuhan aspek psikologis dari media instruksional berbasis digital. Penerapan modul ini memberikan kebebasan penuh kepada siswa untuk menentukan ritme belajarnya sendiri (self-paced learning) secara berulang-ulang tanpa sekat batasan ruang kelas konvensional. Modul digital Gambar Teknik Manufaktur ini berhasil memfasilitasi prinsip pembelajaran berdiferensiasi (differentiated learning); siswa dengan kemampuan awal rendah terbantu oleh visualisasi gambar 3D dinamis dan video demonstrasi tutorial di dalam modul, sedangkan siswa dengan kemampuan tinggi difasilitasi oleh pengayaan proyek CAD Inventor yang menantang.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil analisis data penelitian, pemaparan temuan di lapangan, serta pembahasan yang telah diuraikan pada Bab IV mengenai pengembangan modul bahan ajar digital Gambar Teknik Manufaktur berbasis Autodesk Inventor di kelas XI Teknik Pemesinan 1 SMKN 1 Driyorejo, maka dapat ditarik beberapa simpulan secara spesifik sebagai berikut:

1. Kelayakan Produk Bahan Ajar Digital:

Modul bahan ajar digital Gambar Teknik Manufaktur berbasis Autodesk Inventor dinyatakan "Sangat Layak" dan memenuhi validitas teoritis untuk digunakan dalam proses pembelajaran. Hal ini dibuktikan melalui akumulasi penilaian oleh tim validator ahli, di mana kelayakan aspek materi memperoleh persentase sebesar 93,33% (kategori Sangat Valid) dan kelayakan aspek media memperoleh persentase sebesar 93,75% (kategori Sangat Valid). Hasil revisi minor dari para ahli telah menyempurnakan aspek keterbacaan proyeksi standar ISO/SNI serta sistem navigasi antarmuka modul digital lintas perangkat (smartphone dan PC/Laptop).

2. Efektivitas Peningkatan Hasil Belajar Kognitif:

Implementasi modul bahan ajar digital ini terbukti "Sangat Efektif" dalam meningkatkan kompetensi dan hasil belajar kognitif siswa. Secara empiris, terjadi eskalasi performa akademik di mana nilai rata-rata kelas (*Mean*) melesat tajam dari 40,00 pada saat *Pre-test* (sebelum perlakuan) menjadi 92,00 pada saat *Post-test* (setelah perlakuan). Keberhasilan intervensi modul digital ini diperkuat oleh perolehan rata-rata indeks *Normalized Gain* (N-Gain) kelas sebesar 0,837, yang masuk ke dalam kriteria indeks "Tinggi". Lebih jauh lagi, tingkat ketuntasan belajar siswa secara klasikal sukses menyentuh angka 100%, di mana seluruh siswa (N=30) berhasil melampaui ambang batas minimum Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM).

Saran

Berlandaskan pada simpulan, implikasi, serta keterbatasan penelitian yang telah dikemukakan sebelumnya, maka peneliti merumuskan beberapa saran konstruktif demi perbaikan dan pengembangan lebih lanjut di masa depan:

1. Bagi Guru Mata Pelajaran:

Guru disarankan untuk mengoptimalkan pemanfaatan modul bahan ajar digital Gambar Teknik Manufaktur berbasis Autodesk Inventor ini sebagai salah satu media pelengkap atau media utama instruksional mandiri siswa. Dalam implementasinya, guru diharapkan tetap melakukan monitoring periodik terhadap pengerjaan proyek tugas CAD pada modul guna menjaga ritme belajar siswa agar tetap konsisten.

2. Bagi Guru Mata Pelajaran:

Guru disarankan untuk mengoptimalkan pemanfaatan modul bahan ajar digital Gambar Teknik Manufaktur berbasis Autodesk Inventor ini sebagai salah satu media pelengkap atau media utama instruksional mandiri siswa. Dalam implementasinya, guru diharapkan tetap melakukan monitoring periodik terhadap pengerjaan proyek tugas CAD pada modul guna menjaga ritme belajar siswa agar tetap konsisten.

3. Bagi Peneliti Selanjutnya:

Dikarenakan penelitian pengembangan ini dibatasi hingga tahap Uji Coba Lapangan Utama (*Main Field Testing*) dengan subjek terbatas di satu sekolah (N=30), disarankan kepada peneliti selanjutnya untuk memperluas cakupan subjek penelitian ke skala populasi yang lebih heterogen. Peneliti berikutnya diharapkan dapat melanjutkan tahapan model R&D Borg dan Gall hingga ke tahap pengujian operasional berskala besar (*Operational Field Testing*) serta melakukan proses diseminasi (*Dissemination and Implementation*) ke berbagai Sekolah Menengah Kejuruan mitra lain agar validitas eksternal produk semakin teruji. Terakhir, disarankan pula untuk mengurus legalitas Hak Kekayaan Intelektual (HKI)

agar produk ini dapat dikomersialisasikan secara massal.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, S. (2013). *Instrumen Perangkat Pembelajaran*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Arikunto, S. (2010). *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik (Edisi Revisi)*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals*. New York: Longman.
- Borg, W. R., & Gall, M. D. (1983). *Educational Research: An Introduction* (4th ed.). New York: Longman.
- Borg, W. R., & Gall, M. D. (1989). *Educational Research: An Introduction* (5th ed.). New York: Longman.
- Branch, R. M. (2009). *Instructional Design: The ADDIE Approach*. New York: Springer.
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (4th ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Daryanto. (2012). *Media Pembelajaran*. Yogyakarta: Gava Media.
- Departemen Pendidikan Nasional. (2008). *Panduan Pengembangan Bahan Ajar*. Jakarta: Depdiknas.
- Gay, L. R., Mills, G. E., & Airasian, P. (2012). *Educational Research: Competencies for Analysis and Applications* (10th ed.). Boston: Pearson Education.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74.
- Hamalik, O. (2011). *Proses Belajar Mengajar*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Majid, A. (2009). *Perencanaan Pembelajaran: Mengembangkan Standar Kompetensi Guru*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Misbah, M. (2020). Pengaruh penggunaan media digital dalam pembelajaran teknik terhadap pemahaman konsep siswa SMK. *Jurnal Teknologi dan Pendidikan*, 8(3), 70–78.
- Misbah, M. (2020). Pengaruh penggunaan modul digital terhadap hasil belajar siswa di SMK. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 18(2), 115–123.
- Munir. (2017). *Pembelajaran Digital*. Bandung: Alfabeta.
- Prasetyo, A. (2021). Efektivitas penggunaan modul digital terhadap motivasi dan hasil belajar gambar teknik. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 9(1), 45–52.
- Prasetyo, A. (2021). Efektivitas penggunaan modul interaktif berbasis CAD dalam pembelajaran gambar teknik. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 9(1), 44–53.
- Prastowo, A. (2012). *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*. Yogyakarta: DIVA Press.
- Rusman. (2018). *Model-Model Pembelajaran: Mengembangkan Profesionalisme Guru*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. Geneva: World Economic Forum.
- Setiawan, D. (2020). Pengembangan modul interaktif berbasis CAD untuk pembelajaran gambar teknik. *Jurnal Inovasi Pendidikan Teknologi*, 6(2), 98–104.
- Setiawan, R. (2020). Peran Autodesk Inventor dalam pendidikan teknik di era Revolusi Industri 4.0. *Jurnal Teknologi dan Pendidikan*, 5(2), 97–104.
- Sudjana, N. (2016). *Penilaian Hasil Proses Belajar Mengajar*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Sugiyono. (2015). *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Suparno. (2019). *Gambar Teknik untuk SMK Teknik Pemesinan*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Suparno. (2019). *Pembelajaran Gambar Teknik Berbasis Kompetensi di SMK*. Yogyakarta: Deepublish.
- Trianto. (2014). *Model Pembelajaran Terpadu*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Undang-Undang Republik Indonesia. (2022). *Peraturan Presiden Nomor 68 Tahun 2022 tentang Revitalisasi Pendidikan dan Pelatihan Vokasi*. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Widodo, J., & Jasmadi. (2008). *Panduan Menyusun Bahan Ajar Berbasis Kompetensi*. Jakarta: Prestasi Pustaka.
- Widoyoko, E. P. (2014). *Evaluasi Program Pembelajaran*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.