

Pengembangan E-Modul Berbasis Bim Autodesk Infracore Pada Mata Pelajaran Konstruksi Jalan Dan Jembatan Di SMKN 1 Cikarang Barat

M. Agphin Ramadhan[✉], Anisah², Oki Dwi Darmawan³

¹ Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, Jakarta, Indonesia.

² Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, Jakarta, Indonesia.

³ Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, Jakarta, Indonesia.

DOI: <https://doi.org/10.21009/JPI.051.02>

Article History

Submitted : 2021

Accepted : 2021

Published : 2022

Keywords

E-Modul, Autodesk Infracore, 4D method

Abstrak

Penelitian ini merupakan jenis penelitian pengembangan yang bertujuan untuk mengembangkan dan menghasilkan produk bahan ajar e-modul perencanaan desain jalan dan jembatan berbasis BIM pada Mata Pelajaran Konstruksi Jalan dan Jembatan di SMKN 1 Cikarang Barat. Penelitian ini menggunakan metode 4D yang terdiri dari empat tahapan penelitian yaitu tahap *Define, Design, Development, dan Dissemination*. Hasil kelayakan dari uji validasi materi menunjukkan 90% (sangat layak) dan hasil uji validasi media menyatakan 87% e-modul sangat layak digunakan, lalu hasil uji coba terbatas menunjukkan peningkatan kognitif kategori sedang dengan nilai gain score (g) 0,6 dan nilai respon siswa uji terbatas sebesar 82% yang menyatakan e-modul sangat praktis untuk digunakan. Berdasarkan data uji validasi dan uji coba terbatas tersebut dapat disimpulkan e-modul berbasis BIM pada mata pelajaran Konstruksi Jalan dan Jembatan ini sangat layak digunakan sebagai variasi bahan ajar dalam pembelajaran mandiri bagi siswa SMKN 1 Cikarang Barat.

Abstract

This research is a type of development research that aims to develop and produce an e-module product for road and bridge planning based on BIM in the Subject of Road and Bridge Construction at SMKN 1 Cikarang Barat. This study uses the 4D method which consists of four stages of research, namely the Define, Design, Development, and Dissemination stages. The results of the material validation test showed 90% (very feasible) and the results of the media validation test stated that 87% of the e-modules were very feasible to use, then the limited trial results showed an increase in the moderate cognitive category with a gain score (g) of 0.6 and student response values. limited test of 82% which stated that the e-module is very practical to use. Based on the validation and limited trial data, it can be said that the BIM-based e-module in the Road and Bridge Construction subject is very suitable to be used as independent learning for students of SMKN 1 Cikarang Barat.

✉ Corresponding author :

Alamat : Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, Jakarta, Indonesia.

E-mail : okidwid@gmail.com

PENDAHULUAN

Memasuki zaman revolusi industri 4.0 yang terjadi saat ini, kemajuan teknologi informasi telah terjadi perkembangan waktu yang cepat di berbagai bidang, tidak terkecuali dengan perkembangan teknologi informasi pada dunia konstruksi. Perkembangan serta perubahan yang berlangsung pada bidang dunia konstruksi saat ini telah mulai ditempatkan pada proses kerja sama dan sistem yang saling terintegrasi. Melihat kondisi tersebut, industri konstruksi saat ini telah melakukan otomatisasi dengan penggunaan teknologi yang disebut dengan BIM (*Building Information Modelling*). Penggunaan sistem BIM ini menjadi suatu hal yang konkret dalam pemanfaatan teknologi pada proyek pembangunan di era transformasi modern industri 4.0. Hal ini sesuai penelitian dari Juan et al., (2016) yang menjelaskan bahwa BIM menjadi solusi untuk siklus kerja proyek konstruksi di masa depan yang cepat, efisien serta efektif mengingat melalui sistem BIM penerapan pekerjaan konstruksi akan terbentuk.

BIM (*Building Information Modelling*) merupakan alur kerja konstruksi atau metode kerja yang dapat mensimulasikan berbagai informasi yang ada di dalam proyek konstruksi yang direpresentasikan ke dalam bentuk 3 dimensi (Sibima, 2019). Dengan pelaksanaan teknologi berbasis BIM, bidang industri konstruksi akan memperoleh kepuasan dengan terdapatnya peningkatan kerja sama antar *stakeholder* yang terlibat dalam proyek konstruksi (Ghaffarianhoseini, 2017). Berbagai proyek konstruksi bangunan di Indonesia dalam hal perkembangan penerapan BIM, sudah diatur dalam Peraturan Menteri PUPR Nomor 22 tahun 2008 mengenai Pembangunan Bangunan Gedung Negara, bahwa Bangunan Gedung Negara dengan aturan luas lebih dari 2000 meter persegi serta diatas 2 (dua) lantai wajib menerapkan teknologi BIM.

Kondisi sekarang di Indonesia sendiri masih terdapat beberapa pelaku konstruksi Indonesia yang belum menggunakan aplikasi BIM dalam pekerjaan proyeknya. Berdasarkan hasil penelitian yang dikemukakan oleh Hatmoko dkk, (2019) ditemukan bahwa 12 dari 20 perusahaan (60%) telah menerapkan BIM sedangkan 8 perusahaan lainnya (40%) belum menggunakan BIM dalam penerapan di

proyeknya. Hal tersebut didukung oleh penelitian Zhabrinna et al., (2018) dengan hasil penelitiannya yaitu jumlah dari tenaga kerja di Indonesia yang kompeten dalam menguasai dan mempraktikkan BIM masih dikatakan kurang dan rendah. Hasil penelitian lainnya oleh Utama dan Sekarsari, (2019) didapatkan kurangnya pemanfaatan teknologi BIM di Indonesia dalam proyek-proyek pembangunan disebabkan karena minimnya partisipan manajemen dalam memberikan semangat digital, pelatihan, serta pengawasan yang ditetapkan oleh industri. Padahal dalam penerapan BIM memiliki banyak keunggulan dibanding sistem konvensional ditengah proyek kedepan yang lebih rumit dan kompleks. Terdapat beberapa keunggulan dalam penerapan BIM, seperti penjelasan dari Berlian et al., (2016) dimana dalam penggunaan perangkat lunak dengan teknologi BIM mampu mengefisienkan waktu penjadwalan proyek hingga $\pm 50\%$, menurunkan keperluan SDM sampai 26,66%, kemudian juga dapat menyesuaikan pengeluaran anggaran biaya pekerja sebesar 52,25% jika melihat perbandingan dengan penggunaan aplikasi tanpa berbasis BIM dalam proyek pembangunan.

Ketercapaian dalam menerapkan BIM, tentunya sangat dibutuhkan peran akademisi dan praktisi, tanpa pengetahuan dan pemahaman tentang BIM dari praktisi, maka bisa jadi Indonesia tidak mampu bersaing di dunia konstruksi dari negara lain (Hanifah, 2016). Menurut Ramadhani, (2020) menyatakan bahwa permasalahan tersebut semakin memberikan tantangan bagi individu untuk menunjukkan eksistensinya pada era digital konstruksi saat ini. Menurut Dikjen Bina Konstruksi Kementerian PUPR Syarif Burhanuddin dalam acara BIM Forum, (2019) menerangkan bahwa untuk meningkatkan penerapan BIM di Indonesia perlu diadakannya kerja sama antara pemerintah, masyarakat, industri, dan juga akademisi. Terutama dalam bidang akademisi yang nantinya dapat menghasilkan SDM yang berkompeten dalam penerapan BIM dengan melalui lembaga-lembaga pelatihan, perguruan tinggi dan khususnya untuk pendidikan SMK kompetensi keahlian DPIB dengan lulusan SMK nantinya sebagai *drafter*, pelaksana, pengawas dan

estimator (Almira, 2017). Tantangan tersebut berusaha dijawab oleh sektor lembaga pendidikan, salah satunya di tingkat pendidikan SMK.

SMK mempunyai peranan penting dalam hal mempersiapkan tenaga kerja yang berkompoten dalam pemenuhan kebutuhan dunia usaha atau dunia konstruksi (DU/DI) yang dapat menyesuaikan dengan kemajuan teknologi serta ilmu pengetahuan (Aryanti, 2019). Melalui Uji Kompetensi Keahlian (UKK) serta sertifikasi siswa SMK bidang industri konstruksi yang dibuat oleh Pemerintah melalui Kemendikbud yang berkolaborasi dengan Kementerian PUPR yang bertujuan agar setiap lulusan SMK di bidang konstruksi mendapatkan sertifikasi kompetensi yang sesuai dengan kebutuhan industri (Kemdikbud, 2018). Hal tersebut diperlukan keahlian dan keterampilan yang baik dalam peningkatan *soft skill* maupun *hard skillnya*, terutama bagi lulusan SMK yang diharuskan memiliki kompetensi pada bidang desain permodelan dan informasi bangunan (DPIB) (Aryanti, 2019). Berdasarkan peraturan Kemendikbud nomor: 06/D.D5/KK/2018 tentang adanya perubahan spektrum SMK kompetensi keahlian Teknik Gambar Bangunan (TGB), dimana saat ini telah mengalami perubahan menjadi keahlian DPIB. Jika dilihat dari spektrum kompetensi keahlian DPIB ini bertujuan untuk siswa mampu menggambar bangunan 3D dengan perangkat lunak. Hal ini tentunya menjadikan peluang untuk adanya pembelajaran penerapan aplikasi berbasis BIM di SMK kompetensi keahlian DPIB. Oleh karena itu, berbagai upaya untuk mendapatkan lulusan SMK yang berkualitas dan produktif dalam bidang konstruksi yang dibutuhkan dan diakui kompetensinya oleh DU/DI, pemerintah membuat program keahlian maupun keterampilan siswa di SMK (Perdana, 2019). Melalui skema sertifikasi KKN level II DPIB untuk Juru Gambar (*drafter*) SMK, dengan unit kompetensi menggambar lanjut menggunakan perangkat lunak dalam menggambar teknik, kode unit (BGN.GAK.002 A) yang bertujuan untuk memastikan kompetensi lulusan SMK DPIB sesuai dengan tuntutan industri, profesi, dan konsumen saat ini (Sibima, 2016). Kemudian bentuk upaya lainnya dari pemerintah yaitu dengan cara mensosialisasikan penggunaan BIM di tingkat SMK kompetensi keahlian bangunan dengan harapan supaya pembelajaran BIM sudah dapat diterapkan

mulai dari tingkatan SMK dan memberikan peluang baru dalam hal ketercapaian kualitas SDM pada saat kegiatan belajar mengajar (Ramadhan et al., 2020).

Penerapan penggunaan BIM di SMK telah sesuai dengan keinginan dari Kemendikbud melalui Instruksi Presiden (Inpres) Nomor 9 Tahun 2006 mengenai program Revitalisasi SMK, yang menginginkan adanya pengembangan kompetensi guru dan siswa dalam hal mengaplikasikan semangat digital untuk menghasilkan lulusan yang dibutuhkan oleh DU/DI, khususnya terkait dengan implementasi BIM pada proyek infrastruktur (BIM PUPR, 2020). Berdasarkan dari para *authoring software* BIM yang memberikan pembinaan kepada lulusan siswa SMK di proyek yang menggunakan BIM, seperti pengalaman dari perusahaan Trimble Solutions, mengatakan rekrutan siswa dari SMK akan masuk pada *Level Junior Detailer* di proyek konstruksi, dengan ruang lingkup pekerjaan penugasan yang meliputi *output management, drawing and report information, model editing* dalam skala terbatas. Kemudian dari perusahaan lainnya seperti Glodon dan Autodesk Indonesia, akan memberikan berbagai bentuk pelatihan BIM kepada siswa dan para guru SMK untuk dapat menghasilkan lulusan SMK yang berkompoten dengan teknologi BIM untuk diterapkan pada proyek-proyek kementerian PUPR dan BUMN karya (BIM PUPR, 2020).

Hasil penelitian dari Hatmoko et al., (2019) menggambarkan bahwa dalam penerapan teknologi BIM perlu dikembangkan oleh lembaga pendidikan untuk memenuhi kebutuhan industri terhadap tenaga ahli. Tantangan tersebut tentunya menjadikan perhatian khusus di sektor lembaga pendidikan SMK dengan kompetensi keahlian DPIB, salah satunya di SMKN 1 Cikarang Barat yang terdapat kompetensi keahlian DPIB. Berdasarkan wawancara yang dilakukan di SMKN 1 Cikarang Barat kepada ketua kompetensi keahlian DPIB Bapak Rochmad Wahyudi, dan juga guru matpel KJJ Bapak Eman Indra Gunawan, didapatkan hasil bahwa penerapan proses pembelajaran di kelas dalam hal pemanfaatan dan penerapan

BIM baru akan dikenalkan dan diajarkan kepada siswa kelas XI kompetensi keahlian DPIB pada kegiatan PKL daring. Namun, kegiatan PKL daring tersebut nantinya baru mengenalkan BIM secara umum kepada siswa dan belum memberikan pembelajaran langsung penggunaan BIM dalam materi pada mata pelajaran tertentu, terkhusus pada matpel KJJ dan dalam menggambar atau mendesain bangunan mereka masih pada proses penggambaran secara manual dan pengenalan penggunaan perangkat lunak *Autocad*.

Penerapan BIM dalam materi pelajaran dapat dimulai pada mata pelajaran yang dapat memberikan bekal kompetensi siswa untuk lulusan sesuai prospek kerja industri kedepannya. Salah satunya pada mata pelajaran KJJ, yang tercantum dalam skema sertifikasi KKNI level II DPIB dengan unit kompetensi memplotting gambar peta topografi, diagram profil serta membuat *draft* gambar rinci bangunan. Unit kompetensi tersebut sesuai dengan matpel KJJ kelas XI yang memiliki KI/KD seperti memahami prinsip dari Alinyemen Horizontal dan Vertikal pada jalan, menerapkan prosedur/langkah-langkah pembuatan permodelan gambar jalan dan jembatan kedalam peta topografi (Silabus Mata Pelajaran Konstruksi Jalan dan Jembatan, 2018). KI/KD pada mata pelajaran KJJ tersebut juga sesuai dengan peluang kebutuhan industri konstruksi saat ini yang banyak membangun infrastruktur jalan. Hal tersebut diperkuat dengan data yang disampaikan oleh Menteri PUPR Basuki Hadimuljono, yang menjelaskan ada sejumlah rencana pembangunan infrastruktur konektivitas selama periode 2020-2024 di antaranya, pembangunan 2,724 kilometer jalan tol, 3.224 kilometer jalan nasional baru, dan 31 kilometer *flyover* dan *underpass* (Badan Pusat Statistik, 2020).

Melihat peluang kerja yang terbuka lebar ketika siswa mampu mempelajari dan menguasai unit kompetensi dari matpel KJJ tersebut. Namun, saat ini pembelajaran pada matpel KJJ kelas XI di SMKN 1 Cikarang barat belum didukung dengan bahan ajar yang menunjang pembelajaran dan belum dikembangkannya penerapan BIM dalam pembelajaran. Hal ini disebabkan karena guru belum memiliki inovasi dalam mengembangkan pembelajaran dan masih bersifat monoton saat guru menyampaikan materi sehingga belum

menunjukkan kreativitas siswa dalam kegiatan belajar. Kondisi tersebut membuat peneliti melakukan analisis kebutuhan awal kepada siswa kelas XI DPIB SMKN 1 Cikarang Barat yang telah atau sedang mengikuti mata pelajaran KJJ dengan hasil analisis yang didapatkan yaitu, menunjukkan bahwa 100% dari 71 siswa yang menjawab kuesioner menyatakan perlu dilakukan pengembangan pembelajaran yang dapat memvisualisasikan 3D model jalan dan jembatan berbasis BIM guna meningkatkan pemahaman belajar dan kompetensi siswa dalam merencanakan desain jalan dan jembatan secara menyeluruh mulai dari geometrik jalan, volume material dan *cut & fill* hingga mensimulasikan desain jalan dan jembatan. Materi tersebut akan menunjang kebutuhan siswa di industri konstruksi ke depannya dan dilihat dari hasil kuesioner lainnya menyatakan bahwa 50,7% dari 71 siswa menyatakan bahan ajar yang digunakan belum meningkatkan motivasi dan hasil belajar dengan mandiri. Begitupun ungkapan dari guru matpel KJJ yang didapat saat wawancara, bahwa guru maupun siswa membutuhkan bahan ajar yang interaktif, efektif dan mandiri ditambah dengan kondisi pembelajaran daring seperti ini dan kurangnya kemampuan teknologi digital dari guru dalam menyampaikan materi.

Seiring berkembangnya teknologi informasi, dalam menunjang kebutuhan proses pembelajaran siswa saat mempelajari BIM secara mandiri maka diperlukan bahan ajar pembelajaran yang efektif, interaktif dan juga secara mandiri guna memberikan pengetahuan kepada siswa mengenai materi yang disampaikan. Hasil analisis lainnya bahwa 84,5% dari 71 siswa memilih bahan ajar e-modul disertai Video Pembelajaran untuk mendukung pembelajaran secara mandiri pada mata pelajaran KJJ. Maka pengaplikasian e-modul disertai Video Pembelajaran berbasis BIM dinilai praktis dan mudah dipelajari oleh siswa. Hal ini selaras dengan hasil penelitian dari Heryadi, (2021) yang menyatakan penggunaan e-modul dapat memudahkan mahasiswa dalam memahami materi karena e-modul dikemas dalam bentuk pdf, video, fitur navigasi serta ditambah bahan evaluasi yang semuanya itu dapat diakses melalui *link* dan *barcode*. E-modul yang dikembangkan juga dilengkapi dengan fitur *QR-Code*, *Automatic Link* dan video pembelajaran beserta dengan uraian materi yang sesuai dengan KI/KD pada mata pelajaran

KJJ sehingga mempermudah siswa dan juga memperjelas penyampaian isi dari materi. E-modul juga layak digunakan pada mata kuliah menggambar Teknik II dikarenakan mampu meningkatkan kemampuan kognitif siswa yang didapatkan dari hasil belajar siswa (Setiami & Maulana, 2021).

Terdapat beberapa *software* permodelan desain jalan berbasis BIM yang mudah digunakan oleh siswa sebagai media pembelajaran pada matpel KJJ. Salah satu *software* nya adalah *Autodesk Infracore* yang memberikan lisensi versi *student* selama 1 tahun penggunaan. *Autodesk Infracore* merupakan *software* untuk desain infrastruktur yang meliputi jembatan, jalan dan irigasi. *Autodesk Infracore* menampilkan *visualisasi 3D conceptual* desain ataupun desain awal yang menarik seperti kita berada di lingkungan game. *Autodesk Infracore* memfasilitasi kemampuan untuk mengkomunikasikan konsep desain proyek dengan membangun model nyata dari *GIS, Raster*. *Autodesk Infracore* memungkinkan untuk membuat model dari kolaborasi sejumlah data yang berbeda seperti gambar *LandXML, SHP, Revit, Civil 3D* (Lindström & Vendelstrand, 2017). *Autodesk Infracore* ini juga dapat dijadikan sebagai media penggambaran teknik dalam bagian silabus pembelajaran untuk siswa dalam memahami perencanaan jalan dan jembatan serta melatih mendesain jalan dan jembatan yang realistis secara digital 3 dimensi untuk meningkatkan kompetensi lulusan teknik bangunan (Adi, Tamtomo & Aghastya, 2017). Siswa dalam hal mengoperasionalkan *Software Autodesk Infracore* ini untuk kegiatan belajar mengajar di sekolah, tidak perlu mempunyai spesifikasi laptop/komputer yang cukup tinggi. Hal ini berdasarkan persyaratan sistem dari *Autodesk* dengan spesifikasi minimum seperti *RAM 4GB, free hard disk space 10gb, resolusi tampilan 1.280x720, Windows 8/10 64 bit*. Fitur/*tools* yang tersedia pada *Autodesk Infracore* sangat mudah dikuasai dan dipelajari oleh siswa untuk mendesain jalan.

Berdasarkan pemikiran dan untuk memenuhi kebutuhan dunia konstruksi yang sedang membutuhkan SDM yang dapat menguasai *software* BIM. Maka dilakukan penelitian yang berjudul **Pengembangan E-modul Berbasis BIM Autodesk Infracore Pada Mata Pelajaran Konstruksi Jalan dan**

Jembatan Di SMKN 1 Cikarang Barat. Diharapkan dapat membantu siswa untuk meningkatkan motivasi belajar mandiri serta mampu menambah pengetahuan maupun keterampilan siswa dalam pemanfaatan teknologi BIM sehingga siswa siap bersaing di dunia industri konstruksi.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan di SMKN 1 Cikarang Barat kompetensi keahlian DPIB. Jalan Raya Teuku Umar No. 1, Gandasari, kec. Cikarang Barat, Bekasi, Jawa Barat 17520. Penelitian ini dilaksanakan selama empat bulan sejak bulan Maret 2021 sampai dengan Juli 2021 yang akan terdiri dari tiga tahapan, yaitu persiapan, pelaksanaan kegiatan, dan pengelolaan data penelitian. Penelitian dan pengembangan ini bertujuan untuk mengembangkan e-modul yang efektif, efisien dan pembelajaran secara mandiri untuk memahami materi pembelajaran dan meningkatkan kompetensi siswa pada mata pelajaran Konstruksi Jalan dan Jembatan dalam perencanaan jalan dan jembatan berbasis BIM. Sasaran produk pengembangan e-modul pada penelitian ini adalah siswa kelas XI kompetensi keahlian DPIB SMKN 1 Cikarang Barat yang sudah atau sedang mempelajari mata pelajaran Konstruksi Jalan dan Jembatan.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode Rnd (*research and development*). Pada penelitian dan pengembangan yang dilakukan, model yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada model pengembangan Thiagarajan berupa model 4D yang meliputi dari berbagai tahapan diantaranya tahap *Define, Design, Development* dan *Disseminate* (Sugiyono, 2016). Menurut Hikmah, (2019) model 4D ini sangat cocok digunakan dalam mengembangkan produk modul yang interaktif, dikarenakan memiliki tahapan yang sistematis dan sederhana serta mudah diaplikasikan.

Dalam penelitian ini menggunakan instrumen non tes berupa kuesioner yang terdiri

dari beberapa pertanyaan mengenai kelayakan e-modul pada mata pelajaran KJJ. Instrumen penelitian kuesioner ini diberikan kepada validator yang terdiri dari ahli materi dan ahli media, serta objek pengguna e-modul yaitu siswa kelas XI DPIB yang sudah atau sedang mengikuti mata pelajaran KJJ. Skala pengukuran yang digunakan pada kuesioner adalah skala *likert* karena skala *likert* dibuat untuk menyakinkan pengguna atau responden menjawab dalam berbagai tingkatan dari setiap butir pertanyaan yang terdapat pada instrumen kuesioner (Rahadi, 2014).

Tabel 1 Kriteria Skor likert Instrumen Ahli Media dan Materi

Kriteria	Skor
Sangat layak	5
Layak	4
Cukup	3
Tidak layak	2
Sangat tidak layak	1

Tabel 2 Kriteria Skor likert Instrumen Pengguna E-Modul

Kriteria	Skor
Sangat Setuju	5
Setuju	4
Kurang Setuju	3
Tidak Setuju	2
Sangat Tidak Setuju	1

Terdapat beberapa tahapan penelitian berdasarkan prosedur pengembangan model 4D diantaranya sebagai berikut:

A. Define (Pendefinisian)

Tahap pertama yang dilakukan pada penelitian dan pengembangan ini, yaitu menganalisis kebutuhan berdasarkan identifikasi masalah yang ada kemudian mengumpulkan beberapa informasi yang

dibutuhkan. Untuk mengetahui adanya potensi masalah pada penelitian ini, dilakukan aktivitas analisis awal terhadap Mata Pelajaran Konstruksi Jalan dan Jembatan dengan prosedur pengumpulan data awal dalam penelitian ini melalui proses wawancara dengan pihak ketua kompetensi keahlian DPIB dan menyebarkan kuesioner analisis kebutuhan kepada siswa kelas XI DPIB yang sudah atau sedang mengikuti mata pelajaran KJJ. Berikut tahapan kegiatan dari proses pendefinisian sebagai berikut: (1) Analisis awal dan akhir, melalui proses wawancara yang telah dilakukan kemudian didapatkan informasi dan potensi masalah yang terjadi yang sedang mengikuti mata pelajaran KJJ pada bulan maret 2021. (2) Karakteristik siswa, tahap berikutnya peneliti mempelajari karakteristik siswa dalam hal kemampuan memahami materi pembelajaran, motivasi belajar dan minat siswa dalam mempelajari teknologi konstruksi berbasis BIM, Hasil dari karakteristik siswa didapatkan melalui penyebaran kuesioner analisis kebutuhan yang berkaitan dengan pengembangan yang sedang dilakukan dan setelah konsultasi dengan dosen pembimbing. (3) Analisis tugas, menentukan KI/KD yang akan dikembangkan pada mata pelajaran KJJ.

Berdasarkan masalah tersebut selanjutnya dirumuskan (4) Analisis konsep, ide pengembangan bahan ajar berupa e-modul yang sudah dikonsultasikan dengan guru mata pelajaran KJJ untuk menunjang materi perencanaan jalan dan jembatan sebagai perangkat pembelajaran secara mandiri dengan memanfaatkan penerapan teknologi digital aplikasi berbasis BIM. Kemudian terakhir menetapkan tujuan dan indikator pembelajaran yang harus dikuasai oleh siswa.

B. Design (Perancangan)

Tahapan perancangan merupakan tahap penetapan aspek yang akan dikembangkan pada e-modul. Menurut Ferdianto & Setiyani, (2018) kegiatan dalam tahap perencanaan ini yaitu perencanaan pembuatan bahan ajar media pembelajaran e-modul berbasis BIM yang

tahapan kegiatannya meliputi mengumpulkan referensi materi, penyusunan teks, pemilihan media dan desain bahan ajar.

C. Development (Pengembangan)

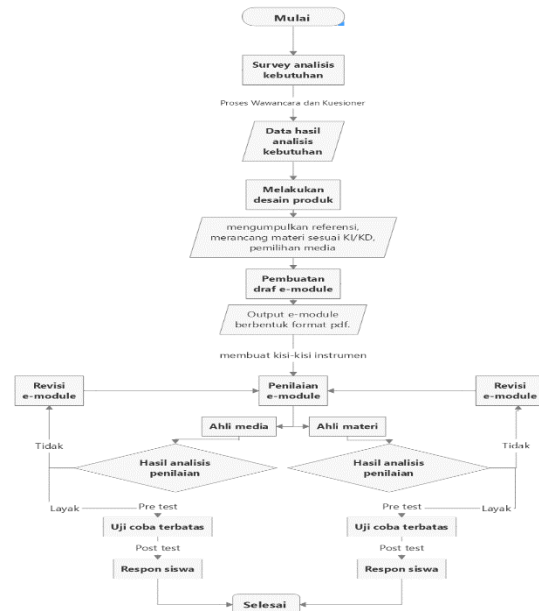
Tahapan pengembangan merupakan tahap mewujudkan desain e-modul yang telah direncanakan dengan validasi yang terdiri atas penilaian dari ahli materi dan ahli media sebagai validator yang bertujuan untuk menghasilkan e-modul pembelajaran yang layak digunakan pada mata pelajaran KJJ. Validator ahli materi yang akan melakukan penilaian produk e-modul adalah *engineer* dari industri konstruksi di bidang perencanaan jalan dan jembatan berbasis BIM dan sudah berpengalaman menggunakan aplikasi *Autodesk Infracore*, sedangkan untuk guru mata pelajaran tidak dilibatkan dalam penilaian validator materi e-modul ini, hal ini dikarenakan dalam penyusunan materi e-modul sudah dikonsultasikan dan dibahas bersama-sama.

Setelah dilakukan penilaian produk e-modul dan mendapatkan catatan perbaikan dari ahli materi dan ahli media serta dinyatakan layak, maka pengembangan produk e-modul bisa dilanjutkan ketahapan berikutnya. Namun jika penilaian e-modul dari para validator dinyatakan tidak layak, maka dilakukan perbaikan dan pengajuan penilaian kembali kepada validator untuk mendapatkan hasil kelayakan produk. Selanjutnya dilakukan proses uji coba modul terbatas ke beberapa siswa kelas XI DPIB yang sudah atau sedang mengikuti mata pelajaran KJJ yang diambil untuk mewakili populasi kelas XI sebanyak 160 siswa berdasarkan kriteria tingkat hasil belajar dari hasil *pre test* ada yang pintar, sedang, dan rendah. Sebelum dilakukan uji coba terbatas, siswa diberikan tes pendahuluan awal berupa *pre-test* untuk mengukur pemahaman awal terhadap materi, kemudian setelah selesai mengikuti uji coba e-modul siswa diberikan *post-test* untuk mengukur tingkat pemahaman setelah mempelajari e-modul.

D. Dissemination (Penyebarluasan)

Tahap ini merupakan tahap terakhir dari pengembangan model 4D. Tahap *dissemination* ini merupakan tahap penyebarluasan produk e-modul pembelajaran yang telah dikembangkan secara terbatas bersamaan dengan uji coba. Tujuan dari tahap penyebarluasan ini agar e-

modul yang dikembangkan dapat digunakan dan mendapat respon dari penggunaannya. Berikut dibawah ini alur prosedur penelitian dan pengembangan e-modul yang dilakukan.



Gambar 1 Alir Penelitian Pengembangan Produk E-modul

Teknik pengumpulan data dalam penelitian dan pengembangan e-modul ini adalah menggunakan kuesioner yang disebarakan kepada validator ahli media, ahli materi dan siswa kelas XI DPIB SMKN 1 Cikarang Barat sebagai pengguna e-modul. Teknik analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini dengan menggunakan data campuran, pertama analisis deskriptif kuantitatif. Data deskriptif kuantitatif didapatkan melalui angket validasi ahli media, ahli materi dan responden pengguna dengan menggunakan skala *likert* (Widhihastuti, 2017). Kemudian menggunakan analisis deskriptif kualitatif melalui proses wawancara dengan guru.

Tabel 3 Kriteria Interpretasi Skor Angket Validasi Produk

Nilai	Rentang Skor	Persentase	Data Kualitatif
A	$\bar{x} > 4,2$	81% - 100%	Sangat Layak
B	$3,4 \bar{x} \leq 4,2$	61% - 80%	Layak

C	$2,6 \bar{x} \leq 3,4$	41% - 60%	Cukup Layak
D	$1,8 \bar{x} \leq 2,6$	21% - 40%	Kurang Layak
E	$\leq 1,8$	0% - 20%	Sangat Tidak Layak

Perolehan data dari hasil penelitian oleh validator dapat dihitung dengan rumus dibawah ini :

$$\text{persentase skor} = \frac{\text{Jumlah skor penilaian}}{\text{skor maksimum}} \times 100 \%$$

Untuk uji kepraktisan produk e-modul, skor yang didapat dari jawaban siswa kemudian diubah kedalam bentuk persentase yang diadopsi dari Akbar, (2013). Rumus yang dipakai sebagai berikut ini:

$$P = \frac{TSe}{TSh} \times 100\%$$

Tabel 4 Kriteria Kepraktisan Produk

No.	Kriteria Kepraktisan	Kriteria Validasi
1	81% - 100%	Sangat Praktis
2	61% - 80%	Praktis
3	41% - 60%	Kurang Praktis
4	21% - 40%	Tidak Praktis
5	0% - 20%	Sangat Tidak Praktis

Analisis dari hasil belajar siswa dilakukan dengan uji *gain score* ternormalisasi untuk melihat perubahan hasil belajar melalui nilai *pre-test* dan *post-test*. Analisis data dengan *gain*

$$n - \text{gain} = \frac{\text{skor post test} - \text{skor pre test}}{\text{skor maksimum} - \text{skor pre test}}$$

score dilakukan untuk mengukur kemampuan awal siswa, dengan rumus sebagai berikut:

Tabel 5 Nilai Gain Ternormalisasi dan Klasifikasi

Rata-rata Gain ternormalisasi	Klasifikasi
$N\text{-gain} > 0,70$	Tinggi
$0,30 < N\text{-gain} < 0,70$	Sedang
$N\text{-gain} < 0,30$	Rendah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses penelitian dan pengembangan yang dilakukan oleh peneliti menghasilkan sebuah produk pengembangan berupa bahan ajar e-modul berbasis BIM yang nantinya diharapkan dapat diterapkan dalam proses pembelajaran pada matpel KJJ di SMKN 1 Cikarang Barat, DPIB. E-modul ini dikembangkan menggunakan model pengembangan 4D dengan empat tahapan yang dilakukan dengan hasil dari setiap tahapan pengembangan yang diuraikan sebagai berikut:

A. Define (Pendefinisian)

1. Analisis Awal

Proses awal pada pendefinisian adalah tahapan menganalisis kebutuhan awal. Peneliti menggunakan metode wawancara terhadap guru mata pelajaran KJJ melalui *Zoom Meeting* untuk mengetahui analisis kebutuhan awal pada mata pelajaran KJJ. Wawancara dilakukan dalam tujuan untuk mendapatkan dan mengetahui informasi terhadap proses pembelajaran dan penggunaan bahan ajar yang diterapkan. Data yang diambil dari analisis awal tersebut diantaranya sebagai berikut :

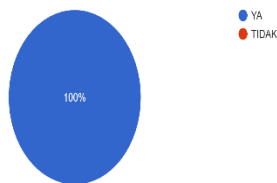
- 1) Dalam proses pembelajaran di kelas dimulai dengan guru menerangkan dan menjelaskan materi yang disampaikan, kemudian memberikan penugasan kepada siswa yang diupload di GCR.
- 2) Kegiatan pembelajaran masih pada tahap penyampaian teori-teori umum saja mengenai materi perencanaan desain jalan dan jembatan, belum adanya kegiatan praktik yang berlangsung.
- 3) Kondisi beberapa siswa sekitar 70-80% mengerjakan setiap penugasan yang

diberikan guru, namun untuk mengukur pemahaman siswa paham atau tidak belum bisa diukur dengan kondisi pembelajaran PJJ seperti ini.

- 4) Guru mengatakan perlu adanya pengembangan bahan ajar yang mampu memperlihatkan kreatifitas siswa dan memudahkan siswa dalam memahami materi.

Penggunaan bahan ajar yang digunakan guru mata pelajaran masih menggunakan buku paket dan tambahan materi dari google dalam menyampaikan materi, serta menggunakan PPT ataupun link gambar yang dikirimkan di GCR untuk siswa menggambar secara manual. Berdasarkan hasil kuesioner analisis kebutuhan awal siswa kelas XI matpel KJJ yang dilakukan melalui penyebaran kuesioner kepada siswa yang menyatakan sangat setuju untuk dilakukan pengembangan pembelajaran matpel KJJ berbasis BIM, untuk memvisualisasikan perencanaan desain jalan dan jembatan.

Apakah kamu sudah atau sedang mempelajari mata pelajaran konstruksi jalan dan jembatan?
71 jawaban

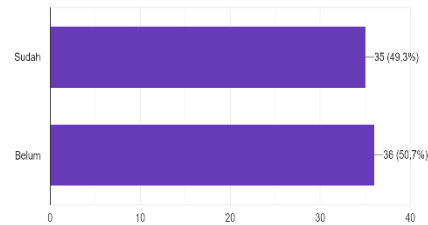


Gambar 2 Hasil Diagram Analisis Kebutuhan Awal Siswa

Responden yang dilibatkan dalam penelitian dan pengembangan produk e-modul ini adalah siswa kelas XI yang sedang mengikuti matpel KJJ di SMKN 1 Cikarang Barat. Hasil kuesioner analisis kebutuhan yang berisi latar belakang motivasi belajar siswa maupun pengetahuan serta pengalaman belajar siswa. Diketahui 50,7% belum menunjukkan motivasi belajar siswa secara mandiri. Mengenai pengetahuan tentang penerapan BIM, bahwa 80,3% siswa sudah mengetahui BIM secara definisi dengan benar, kemudian 87,3% siswa belum menggunakan aplikasi BIM untuk permodelan jalan dan jembatan. Berdasarkan data yang diperoleh tersebut dapat dipahami bahwasanya pengetahuan siswa tentang BIM secara teori sudah cukup baik dan paham,

namun penggunaan BIM oleh siswa sangat kurang sehingga memunculkan keinginan siswa

Apakah bahan ajar yang saat ini digunakan dapat meningkatkan motivasi belajar secara mandiri?
71 jawaban



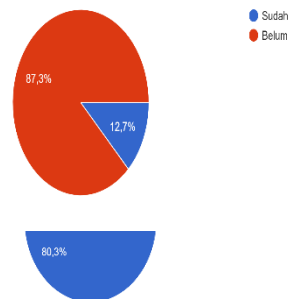
untuk adanya pembelajaran berbasis BIM, serta untuk memenuhi kebutuhan dunia kerja nanti.

Gambar 3 Hasil Diagram Motivasi Belajar Siswa

Gambar 4 Hasil Diagram Pengalaman Belajar BIM

Penelitian yang dilakukan ini tertuju pada matpel KJJ. Dimana sasaran dari kompetensi yang akan dicapai dalam penelitian dan

Apakah kamu sudah pernah menggunakan aplikasi permodelan jalan berbasis BIM?
71 jawaban



pengembangan e-modul ini adalah penetapan KI/KD mengenai menerapkan prosedur pembuatan permodelan gambar jalan dan jembatan kedalam peta topografi. KI/KD yang dipilih berdasarkan hasil pengembangan dari KI/KD sebelumnya, karena proses penetapan KI/KD ini materinya runtun dan berkesinambungan. Materi pada matpel KJJ dapat dikatakan cukup banyak yang harus dicapai oleh siswa kelas XI baik dari semester ganjil dan genap. Maka pada penyusunan konsep e-modul pembelajaran yang dikembangkan ini, akan disesuaikan dari hasil konsultasi dengan guru mata pelajaran KJJ serta dilihat berdasarkan ketercapaian dari indikator kompetensi siswa mulai dari syarat penggambaran konstruksi jalan

dan jembatan, mempersiapkan data kontur dari peta topografi, penetapan alinyemen jalan, gambar konstruksi jembatan, desain drainase, perhitungan volume *cut&fill* hingga memperlihatkan visual desain jalan dan jembatan secara realistis. Semua konsep materi yang dikembangkan tersebut dikemas dalam pembelajaran yang efektif, efisien dan mandiri untuk memberikan kemudahan siswa dalam mempelajarinya. Siswa akan belajar dengan mengerjakan *pre-test* terlebih dahulu, kemudian mengikuti materi dari setiap sub materi modul dan siswa dapat mengerjakan tes formatif dan praktiknya serta mengerjakan *post test* akhir setelah siswa selesai mengikuti dan mengerjakan seluruh materi. Tujuan serta indikator pembelajaran yang ingin dicapai dan dikuasai oleh siswa dalam e-modul ini adalah siswa mampu merencanakan permodelan perencanaan jalan dan jembatan dengan aplikasi berbasis BIM sesuai dengan ketercapaian KI/KD maupun pengimplementasian dari BIM level 1 yaitu desain permodelan jalan dan jembatan, menghitung *quantity take off* dan memvisualisasikan 3D model jalan dan jembatan.

B. Design (Perancangan)

Desain atau perancangan dalam pengembangan e-modul penelitian ini meliputi empat langkah tahapan, diantaranya yaitu : Mengumpulkan referensi materi, menyusun teks, pemilihan media dan terakhir penyusunan desain awal. Berikut dibawah ini hasil dari perancangan pengembangan e-modul.

1. Mengumpulkan Referensi Materi

Pada tahap pengumpulan materi yang digunakan dalam penyusunan isi materi dalam e-modul nanti, peneliti mengambil ataupun mendapatkan rujukan bahan materi dari berbagai studi literatur yang diperoleh diantaranya yaitu, buku bahan ajar materi konstruksi jalan dan jembatan kelas XI, kemudian standar perencanaan jalan dan jembatan, e-modul BIM dari WIKA serta dari jurnal/skripsi yang relevan.

2. Menyusun Teks

E-modul yang dikembangkan ini dalam penyusunan teks disesuaikan dengan aturan KBBI yang baik dan benar. Kalimat pada e-modul dibuat interaktif dan tidak kaku agar dapat memudahkan siswa saat membaca dan memahami materi. Kemudian penyusunan

tahapan atau langkah kerja dalam membuat perencanaan desain jalan dan jembatan dibuat secara sistematis dan mengikuti materi KI/KD mata pelajaran KJJ. Dari segi penyusunan *layout* teks dan gambar dibuat secara runtun dan rapih dan keseragaman dalam jenis font tulisan atau teks pada e-modul.

3. Pemilihan Media

E-modul berbasis BIM ini menggunakan aplikasi *Autodesk Infracore* sebagai media pembelajaran perencanaan jalan dan jembatan, kemudian isi materi e-modul ini digunakan untuk pembelajaran teori dan praktik dengan dilengkapi berupa uraian materi, gambar dan video pembelajaran. Hal ini dikarenakan materi yang disajikan merupakan rangkaian kegiatan pekerjaan siswa sehingga dengan adanya uraian materi, gambar dan video pembelajaran dapat memudahkan siswa mengikuti setiap rangkaian materi. Video pembelajaran pada e-modul dapat diakses melalui barcode dan link youtube yang dicantumkan setiap sub bab materi yang dapat digunakan melalui *smartphone* atau laptop.

4. Desain Awal

Desain e-modul ini disajikan dalam bentuk format *pdf* dengan dilengkapi fitur navigasi yang tersedia pada e-modul. Kemudian pembuatan kerangka e-modul mengacu pada panduan praktis penyusunan e-modul dimana terdapat 3 bagian komponen utama pada e-modul dari Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yaitu Pendahuluan, isi serta penutup. Pada bagian pendahuluan berisikan mengenai kompetensi dasar, tujuan pembelajaran, deskripsi isi e-modul, petunjuk dalam penggunaan e-modul, peta konsep serta pengenalan BIM dan aplikasi *Autodesk Infracore*.

Pada bagian isi e-modul, terdapat materi utama yang terdiri dari 6 bab materi yaitu, persiapan data kontur, desain alinyemen jalan, membuat konstruksi jembatan dan pelengkap jalan, mendesain drainase, menghitung volume *cut&fill* dan yang terakhir materi simulasi 3D konseptual jalan dan jembatan. Evaluasi belajar meliputi hasil *pre test* serta hasil *post test* siswa yang setiap materi terdiri dari 30 soal pilihan ganda tentang dasar-dasar BIM dan materi KI/KD mata pelajaran KJJ. Kemudian terdapat tes penilaian mandiri dari setiap sub bab materi terdiri dari tes formatif yang berisi 10 soal pilihan ganda dan tes praktik berisi tugas praktik

melakukan kegiatan sesuai materi e-modul. Bagian penutup e-modul terdiri dari kesimpulan, saran dan masukkan serta lampiran-lampiran.

Berikut ini tabel dari pengembangan e-modul yang sudah dilakukan dalam penelitian ini sebagai berikut:

Tabel 6 Aspek Pengembangan E-Modul

Kondisi	Aspek yang dikembangkan		
	Bahan Ajar	Media	Fitur
Sebelum dilakukan pengembangan	- Bahan ajar yang masih menggunakan buku paket - Isi materi belum terintegrasi dengan BIM	Media bahan ajar berbentuk PPT dan link gambar yang diupload di GCR	Tidak ada
Setelah dilakukan pengembangan	- Bahan ajar berupa e-modul teks pembelajaran yang dapat dipraktikan, uraian materi, gambar kerja dan video pembelajaran, tes penilaian mandiri - Sudah terintegrasi dengan materi BIM	Media bahan ajar berbentuk e-modul pdf yang disertai dengan video pembelajaran yang dapat diakses kapanpun dan dimana saja	Dilengkapi dengan fitur link dan QR barcode menuju materi yang dituju dan video pembelajaran



Gambar 5 Desain Awal E-Modul

C. Kelayakan Produk (Pengembangan)

1. Penilaian Ahli E-Modul

Rancangan e-modul yang sudah dirancang pada tahap desain, selanjutnya rancangan e-modul tersebut serta instrumen penilaian aspek materi, media serta angket respon siswa yang sudah disusun. Setelah itu melakukan konsultasi kepada dosen pembimbing dan lakukan perbaikan jika terdapat revisian. Kemudian bisa dilanjutkan tahapan validasi oleh para ahli materi dan ahli media dengan menggunakan lembar validasi terhadap penilaian e-modul yang sudah dibuat. Proses uji kelayakan materi dan media menggunakan 2 validator disetiap bidangnya.

Validator dari segi media dilakukan oleh Bapak Dr. Cecep Kustandi, M.Pd selaku dosen prodi Teknologi Pendidikan, Fakultas Ilmu Pendidikan, UNJ dan Bapak Drs. Widyo Nugroho, M.M selaku Direktur I Bidang Akademik AKOMRTVI- Jakarta, Sentra Haki Gunadarma dan juga sebagai dosen S1 Komunikasi, Universitas Gunadarma. Validator dari segi materi dilakukan oleh Bapak Rusqi Librian S.T dan Bapak Brian Adam S.T (BIM engineering WIKA). Tujuan dilakukannya validasi dari para ahli materi dan media adalah untuk mengetahui bahwa e-modul yang sudah dibuat layak digunakan oleh siswa/pengguna serta mendapatkan saran dan masukkan agar e-modul benar-benar layak digunakan dalam mata pelajaran KJJ.

Tabel 7 Hasil Validasi Materi

NO	INSTRUMEN	PERSENTASE
1	Aspek Kelayakan Materi	91%
2	Aspek Penyajian	90%
3	Aspek Kebahasaan	83%
4	Aspek Tugas/Evaluasi	95%
Rerata		90%
Kategori		Sangat Layak

Tabel 8 Hasil Validasi Media

NO	INSTRUMEN	PERSENTASE
1	Aspek Kelayakan Kegeografikan	90%
2	Aspek Format e-module	88%
3	Aspek Kemudahan Navigasi	83%
Rerata		87%
Kategori		Sangat Layak

Berdasarkan data hasil perhitungan validasi oleh ahli materi dan media yang dapat dilihat pada tabel 7 dan 8 tersebut, menunjukkan hasil rata-rata persentase nilai kelayakan dari aspek materi dengan persentase uji validasi sebesar 90% dan dari segi aspek media sebesar 87% dengan kategori sangat layak. Kesimpulan yang didapatkan dari dua validator ahli materi dan media terhadap e-

modul ini adalah e-modul ini layak digunakan dengan revisi sesuai catatan yang diberikan.

Tabel 9 Revisi Validasi Ahli Media

NO	Sebelum Revisi	Setelah Revisi
1.	Link youtube ada yang tidak ada videonya dan video ada yang noise	Semua link youtube sudah ada video dan suara latar belakang video sudah diperbaiki
2.	Tidak ada contoh ditiap pembahasan	Sudah ditambahkan contoh disetiap pembahasan materi
3.	Batasan siswa telah menguasai modul belum tergambar dengan jelas	Sudah ditambahkan rubrik penilaian untuk mengetahui hasil ketuntasan belajar siswa dan sudah ditambahkan Evaluasi Akhir
4.	Ganti Jenis Teks	Sudah diubah menjadi jenis Font Segoe UI dari Times New Roman
5.	Lengkapi Komponen Modul	Sudah ditambahkan komponen cek kemampuan awal dan rubrik penilaian
6.	Ilustrasi dan keterangan gambar belum disusun secara baik	Ilustrasi dan keterangan gambar sudah disusun dengan baik ditambah kelengkapan keterangan gambar

Tabel 10 Revisi Validasi Ahli Materi

NO	Sebelum Revisi	Setelah Revisi
1.	Menambahkan tugas pada akhir modul untuk menguji lebih dari satu materi	Sudah ditambahkan tugas/soal praktik siswa dari semua materi
2.	Gambar di crop dari laptop agar lebih jelas	Kualitas gambar sudah diperbaiki dan gambar lebih jelas
3.	Mendorong kreativitas siswa dalam belajar	Sudah ditambah contoh case soal, agar siswa mampu menyelesaikan tantangan dan kreativitasnya
4.	Soal latihan pada setiap akhir sub materi	Sudah dicantumkan di penilaian mandiri disetiap akhir sub materi

2. Uji Coba Terbatas

Setelah dilakukannya tahap validasi oleh para ahli media dan ahli materi kemudian dinyatakan layak serta sudah melalui tahapan perbaikan e-modul, langkah berikutnya yaitu dilakukan uji coba terbatas terhadap pengembangan produk e-modul sebagai bahan ajar yang dipergunakan nantinya dalam kegiatan pembelajaran maupun untuk mengetahui keefektifan produk dan tanggapan terhadap penggunaan e-modul. Pelaksanaan uji coba terbatas ditunjukkan kepada siswa kelas XI yang sedang mengikuti matpel KJJ di SMKN 1 Cikarang Barat, DPIB dengan jumlah siswa yang melakukan uji coba terbatas sebanyak 11 orang yang terdiri dari 5 siswa yang melakukan praktik dan tes teori dan 6 siswa lainnya hanya melakukan test teorinya saja. Peserta uji coba terbatas diambil berdasarkan perwakilan setiap

kelas dari jumlah populasi siswa kelas XI dengan karakteristik kemampuan hasil belajar yang berbeda tingkatan mulai dari kemampuan kognitif yang rendah, sedang sampai tinggi. Uji coba terbatas ini dilakukan dikarenakan kurangnya sarana fasilitas untuk pembelajaran BIM disekolah, seperti jumlah laptop dan komputer yang masih kurang dan kondisi sinyal internet yang belum memadai serta terkendala dengan kondisi PPKM yang saat ini terjadi.

Tahapan awal pada uji coba terbatas adalah dengan pengenalan e-modul dan prosedur pembelajarannya, kemudian peserta uji coba sebelum mempelajari dan mempraktikkan e-modul berbasis BIM harus mengikuti *pre test* untuk mengetahui kemampuan awal peserta uji coba mengenai BIM. Selanjutnya tahapan inti uji coba terbatas ini adalah proses siswa belajar dengan menggunakan e-modul, dimana pada proses belajar ini peserta uji coba belajar secara mandiri menggunakan e-modul yang berisikan 6 sub materi dan disetiap materi terdapat bagian dari penilaian mandiri berupa test formatif dan tes praktik yang harus dikerjakan oleh peserta uji coba. Siswa peserta uji coba dinyatakan lulus apabila berhasil menyelesaikan seluruh kegiatan belajar dengan hasil dari test formatif dan test praktik dengan nilai minimum 70. Setelah mengikuti pembelajaran dengan e-modul, pada tahap akhir untuk mengetahui perkembangan hasil belajar peserta uji coba harus mengerjakan soal melalui *post test* akhir yang diberikan. Setelah mengerjakan *post test* akhir siswa peserta uji coba dapat mengisi form kuesioner respon pengguna e-modul. Berikut ini hasil belajar yang dilakukan melalui uji coba terbatas dan hasil kuesioner respon pengguna e-modul perencanaan jalan dan jembatan berbasis BIM yang dapat dilihat pada tabel 4.6 dibawah ini.

Tabel 10 Hasil Penilaian Mandiri Siswa

No	N A M A	Kelas	Rata-rata Penilaian Mandiri	
			Peng	Ket
1	FAJRIN	XI DPIB A	80	97
2	PUTRO APRILIANO	XI DPIB C	80	90
3	FEBRI	XI DPIB B	83	95
4	Imam	XI DPIB B	83	85
5	Nur Hafizh Hidayat	XI DPIB A	83	97
6	Rintami	XI DPIB A	83	
7	Dea	XI DPIB A	90	
8	Hilda	XI DPIB B	75	
9	Yulia	XI DPIB D	77	
10	Siti Masitoh Eka	XI DPIB B	72	
11	Nehemia	XI DPIB E	80	
Rerata Tiap Materi			81	93

Dilihat dari perhitungan hasil belajar mandiri siswa yang terdapat pada tabel 4.6, dimana siswa mendapatkan rata-rata nilai dari penilaian formatif sebesar 81% dan rata-rata nilai praktik 93%. Jika dilihat perbandingan nilai yang didapatkan dari siswa yang melakukan tes formatif + tes praktik dengan siswa yang hanya mengikuti tes formatif saja, tidak menunjukkan perbedaan nilai formatif yang signifikan. Artinya e-modul ini dapat digunakan dalam pembelajaran dan mendapatkan hasil nilai pengetahuan diatas KKM meskipun siswa tanpa mempraktikkannya langsung menggunakan aplikasi BIM.

Tabel 10 Hasil Uji Coba Terbatas

NO	NAMA PESERTA UJI COBA	PRE TEST	POST TEST
1.	Fajrin	57	87
2.	Putra Apriliano	40	90
3.	Febriansyah	57	83
4.	Muhammad Imam Luthfi	53	77
5.	Nur Hafizh Hidayat	53	77
6.	Rintami	70	80
7.	Dea Fitriana	57	83
8.	Hilda	33	70
9.	Yulia Prasasti	53	80
10.	Siti Masitoh Eka	27	80
11.	Nehemia	50	70
RATA-RATA G		50/100	80/100
KATEGORI PENINGKATAN KOGNITIF		SEDANG	

$$g = \frac{\text{skor post test} - \text{skor pre test}}{\text{skor maksimum} - \text{skor pre test}}$$

$$g = \frac{80-50}{100-50}$$

g = 0,6 (Kategori Sedang)

Dilihat dari hasil tabel 10 menunjukkan perbandingan nilai antara *hasil pre test* dan *post test* peserta uji coba. Untuk nilai *pre test* didapatkan nilai rata-ratanya adalah sebesar 50%, sedangkan jika hasil rata-rata nilai dari *post test* adalah 80%. Berdasarkan hasil kognitif tersebut dengan menggunakan rumus *gain score*

untuk mengetahui tingkat peningkatan kognitif yang diperoleh hasilnya yaitu 0,6 (kategori sedang) yang artinya terjadinya peningkatan kognitif belajar siswa setelah menggunakan e-modul dalam pembelajaran materi BIM pada mata pelajaran KJJ.

D. Dissemination (Penyebarluasan)

1. Validation Testing

Pada tahap akhir ini, produk e-modul yang sudah melakukan uji coba terbatas kepada pengguna, selanjutnya dilakukan pengukuran ketercapaian tujuan untuk mengetahui dan mendapatkan respon pengguna e-modul terhadap isi dari e-modul yang dikembangkan. Berikut ini tabel hasil dari respon pengguna e-modul.

Tabel 11 Hasil Responden

NO	INSTRUMEN	PERSENTASE
1	Aspek Ketertarikan	82%
2	Aspek Penyajian Informasi	85%
3	Aspek Manfaat E-module	78%
Rerata Kategori		82%
		Sangat Praktis

Berdasarkan hasil kuesioner respon siswa terhadap e-modul yang terlihat pada tabel 11, menunjukkan persentase rata-rata sebesar 82% yang berarti dapat disimpulkan bahwa e-modul yang digunakan oleh siswa mendapatkan kategori sangat praktis. Hal ini tentunya menunjukkan bahwa siswa terbantu dalam kegiatan belajar mengajar menggunakan e-modul pembelajaran BIM pada mata pelajaran KJJ. Sehingga e-modul ini praktis dan layak digunakan dalam pembelajaran KJJ.

2. Packaging, diffusion dan adoption

Kegiatan terakhir berikutnya pada tahap ini yaitu, produk e-modul kemudian dilakukan pengemasan dalam bentuk mencetak ataupun memberikan e-modul dalam bentuk link atau *softfile* kepada Ketua Kompetensi Keahlian DPIB, bapak Rochmat Wahyudi dan bapak Eman selaku guru mata pelajaran KJJ serta siswa kelas XI untuk dapat mengakses atau menggunakan e-modul ini agar materi pembelajaran dapat dipahami dan diserap oleh siswa sehingga nanti hasil produk e-modul ini

dapat digunakan pada pembelajaran mata pelajaran KJJ dikelas dengan layak dan baik.

PEMBAHASAN

Penelitian dan pengembangan yang dilakukan ini bertujuan untuk menghasilkan sebuah produk pengembangan bahan ajar berupa e-modul yang efektif, efisien serta mandiri pada matpel KJJ kelas XI. Materi yang ada pada e-modul ini dirancang sesuai dengan silabus dari mata pelajaran KJJ dan disesuaikan dengan kebutuhan di dunia konstruksi saat ini. Pengembangan e-modul ini dibuat menggunakan metode model pengembangan 4D dengan berbagai proses tahapan yang dilaluinya yaitu mulai tahapan *Define, Design, Development* serta *Dissemination*. Model pengembangan tersebut bisa menghasilkan e-modul yang baik dikarenakan dalam tahapan proses pembuatan e-modul terkandung serta sesuai dengan karakteristik-karakteristik semacam *self instructional, self contained, stand alone, adaptive* serta *user friendly*. Sehingga nantinya e-modul tersebut dapat digunakan oleh siswa secara mandiri tanpa banyak memerlukan bantuan dan pengajaran dari guru.

Materi yang disajikan dalam e-modul ini dibuat dan dilengkapi dengan gambar ilustrasi, fitur-fitur yang memudahkan siswa seperti *QR Code, hyperlink* serta link video pembelajaran. Kemudian terdapat uraian materi dan evaluasi mandiri pada setiap materi e-modul sebagai tolak ukur apakah siswa sudah paham atau belum terhadap materi yang diberikan dengan standar kelulusan yang telah ditetapkan. Kelebihan lainnya dari e-modul ini dibandingkan bahan ajar sebelum menggunakan e-modul yaitu berisi materi instruksional ataupun langkah-langkah dalam membuat perencanaan jalan dan jembatan berbasis BIM dengan visualisasi yang menarik, sehingga siswa mampu membuat model jalan dan jembatan secara 3D model. Namun terdapat kekurangan dari e-modul ini, yaitu membutuhkan akses internet untuk bisa melihat video pembelajaran.

Tahapan dalam penelitian dan pengembangan produk e-modul ini, diawali dengan tahapan pendefinisian yang digunakan untuk analisis kebutuhan awal dalam penelitian ini dimana memuat berbagai informasi mengenai analisis permasalahan yang ada, karakteristik siswa, menentukan analisis tugas

dan konsep materi yang sesuai dengan kebutuhan siswa seperti apa dan terakhir bagaimana menyusun tujuan pembelajaran tersebut. Kemudian pada tahap perancangan, materi pembelajaran e-modul ini menggunakan software berbasis BIM yaitu *Autodesk Infracore* versi *student* yang dapat diakses secara gratis dalam jangka waktu selama satu tahun penggunaan. E-modul ini dikemas dalam format pdf dengan desain tampilan produk menggunakan *Ms. Word 365* dan *Photoshop CS 4*. Selanjutnya dalam tahap pengembangan produk, e-modul yang sudah dirancang akan di validasi atau di nilai kelayakan rancangan produk oleh validator para ahli materi dan media. Hasil validasi yang diperoleh dari ahli media adalah 87% kategori sangat layak dan hasil validasi dari ahli materi adalah 90% kategori sangat layak. Setelah melakukan uji validasi oleh para validator, lalu dilakukan perbaikan e-modul berdasarkan catatan dan saran yang diperoleh dari ahli materi dan ahli media.

Tahapan selanjutnya yaitu melakukan tahapan uji coba terbatas untuk mengetahui keefektifan produk yang dikembangkan. Uji coba terbatas ini diikuti oleh siswa kelas XI yang sedang mengikuti mata pelajaran KJJ sebanyak 11 siswa. Pada saat dibuka pendaftaran peserta uji coba e-modul melalui *Google Form*, sebanyak 19 siswa terdaftar dan dimasukkan ke dalam *WhatsApp Group*. Namun pada saat uji coba ingin dilakukan, terdapat beberapa siswa mengundurkan diri dari peserta uji coba dengan berbagai alasan seperti spesifikasi laptop tidak sesuai, sedang sakit, dan banyak siswa yang masih belum mempunyai laptop, serta ditambah dengan kondisi PPKM yang saat ini masih berlangsung yang akhirnya menghambat mobilisasi aktivitas siswa baik dirumah maupun disekolah. Sehingga hanya 11 siswa yang mengikuti pembelajaran e-modul sampai selesai. Namun dengan beberapa hambatan yang terjadi, terdapat beberapa faktor pendukung dari pihak sekolah maupun dosen pembimbing untuk membantu dan mencari alternatif lain dalam menyelesaikan jumlah peserta uji coba. Setelah siswa menyelesaikan semua pembelajaran, maka hasil nilai belajar siswa akan terlihat perbedaannya dari perbandingan nilai *pre test* yang didapat sebesar 50% dan rata-rata hasil nilai *post test* sebesar 80%. Dengan menggunakan rumus *gain score* dapat disimpulkan telah terjadi peningkatan

kognitif belajar siswa ketika sebelum dan setelah menggunakan e-modul sebesar 0,60 kategori sedang. Setelah itu, hasil dari respon pengguna produk didapatkan nilai sebesar 82% kategori sangat praktis. Hal tersebut juga tidak jauh berbeda dari hasil penelitian Perdana et al., (2020) mengenai pengaruh penggunaan e-modul terhadap hasil belajar siswa pada mata pelajaran konstruksi jalan dan jembatan. Pada penelitian tersebut pembelajaran menggunakan e-modul lebih efisien dalam menunjang hasil belajar kognitif siswa dari pada menggunakan model pembelajaran konvensional.

Berdasarkan pembahasan di atas, dapat disimpulkan bahwa hasil penelitian yang dilakukan peneliti dalam pengembangan produk e-modul ini dinyatakan e-modul perencanaan jalan dan jembatan berbasis BIM sangat layak untuk digunakan sebagai sumber bahan ajar untuk siswa kelas XI dalam mata pelajaran KJJ dan juga mampu meningkatkan hasil kognitif belajar siswa, sehingga diharapkan nantinya e-e-modul ini dapat menjadi variasi bahan ajar untuk membantu guru dalam penyampaian materi serta dapat memudahkan siswa dalam menyerap materi ataupun siswa mampu belajar secara mandiri guna menambah pengetahuan dan meningkatkan keterampilan siswa agar dapat bersaing di dunia konstruksi saat ini.

SIMPULAN

Bagian Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dalam pengembangan bahan ajar e-modul dengan judul **Basic Conceptual Road Modelling Infracworks** dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Produk yang dihasilkan dalam penelitian ini merupakan e-modul berbasis BIM menggunakan *software Autodesk Infracworks student version* untuk Mata Pelajaran Konstruksi Jalan dan Jembatan di SMKN 1 Cikarang Barat.
2. Produk e-modul yang dikembangkan ini sangat layak untuk digunakan sebagai bahan ajar pada Mata Pelajaran Konstruksi Jalan dan Jembatan kelas XI di SMKN 1 Cikarang Barat, DPIB dengan nilai kelayakan dari aspek materi dengan persentase uji validasi sebesar

90% dan dari segi aspek media sebesar 87%.

3. Keefektifan dari produk e-modul ini dilihat dari hasil analisis menggunakan rumus *gain score* (peningkatan kognitif) sebesar 0,60 kategori sedang yang diambil dari nilai perbandingan *pre test* dengan nilai *post test* yang dilakukan saat uji coba terbatas.
4. E-modul ini mendapatkan hasil dari respon pengguna e-modul sebesar 82% dengan kategori sangat praktis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penelitian ini tidak terlepas dukungan dari berbagai pihak. Peneliti secara khusus mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu. Peneliti banyak menerima bimbingan, petunjuk dan bantuan serta dorongan dari berbagai pihak baik yang bersifat moral maupun material.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, Tamtomo, W., & Aghastya, A. (2017). Penggunaan Total Station dan AutoCAD Civil 3D Untuk Perencanaan Grading. *Jurnal Perkeretaapian Indonesia*, 1(2), 149-159
- Andrizal, A., & Arif, A. (2017). Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Pada Sistem E-Learning Universitas Negeri Padang. *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional Dan Teknologi*, 17(2), 1-10. <https://doi.org/10.24036/invotek.v17i2.75>
- Aryanti, F. N. (2019). Implementasi Building Information Modelling (Bim) Revit Pada Ekstrakurikuler Di Smkn 2 Garut Untuk Memenuhi Kebutuhan Dunia Industri Konstruksi. 1-6.
- Berlian, C. A., Adhi, R. P., Hidayat, A., & Nugroho, H. (2016). Perbandingan Efisiensi Waktu, Biaya, Dan Sumber Daya Manusia Antara Metode Building Information Modelling (Bim) Dan Konvensional (Studi Kasus: Perencanaan Gedung 20 Lantai). *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 5(2), 220-229. <http://ejournal-si.undip.ac.id/index.php/jkts>

- Ferdianto, F., & Setiyani, S. (2018). Pengembangan Bahan Ajar Media Pembelajaran Berbasis Kearifan Lokal Mahasiswa Pendidikan Matematika. *JNPM (Jurnal Nasional Pendidikan Matematika)*, 2(1), 37. <https://doi.org/10.33603/jnpm.v2i1.781>
- Ghaffarianhoseini, A., Doan, D. T., Zhang, T., Naismith, N., & Tookey, J. (2016). A BIM readiness & implementation strategy for SME construction companies in the UK. In *Proceedings of the 33rd CIB W78 Conference*.
- Hanifah, Y. (2016). Awareness dan Pemanfaatan BIM : Studi Eksplorasi. *Temu Ilmiah IPLBI 2016*, October 2016, 49-54. <http://temuil ilmiah.iplbi.or.id/awareness-dan-pemanfaatan-bim-studi-eksplorasi/>
- Hatmoko, J. U. D., Fundra, Y., & Wibowo, M. A. (2019). Investigating Building Information Modelling (BIM) Adoption in Indonesia Construction Industry. In *MATEC Web of Conferences (Vol. 258, p. 02006)*. EDP Sciences.
- Hutama, Rizky, H., & Sekarsari, J. (2019). Analisis Faktor Penghambat Penerapan Building Information Modeling Dalam Proyek Konstruksi. *Jurnal Infrastruktur*, 4(1), 25-31
- Juan, Y. K., Lai, W. Y., & Shih, S. G. (2017). Building information modeling acceptance and readiness assessment in Taiwanese architectural firms. *Journal of Civil Engineering and Management*, 23(3), 356-367.
- Lindström, N., & Vendelstrand, I. (2017). Implementeringsstudie av InfraWorks 360 i samverkan med Revit och AutoCAD Civil 3D - Användning av BIM i tidigt skede vid broprojektering. 25. <http://publications.lib.chalmers.se.proxy.lib.chalmers.se/records/fulltext/251956/251956.pdf>
- Rahadi DR. 2014. Pengukuran Usability Sistem Menggunakan Use Questionnaire Pada Aplikasi Android. *J. Sist. Inf.* 6: 661-671
- Ramadhan, M. A., Bangunan, V. K., & Jakarta, U. N. (2020). Revit Bagi Guru Smk Teknik Bangunan Se-. *Wikrama Parahita: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 4(1). <https://ejournal.lppmunsera.org/index.php/parahita/article/view/1886>
- Ramadhani, A. zahra raudya. (2020). Persepsi Mahasiswa Ptb Fptk Upi Tentang Penggunaan Bim (Building Information Modelling) Dalam Hadapi Era Revolusi Industri 4.0 Universitas Pendidikan Indonesia. 1-6.
- Setiarni, R., & Maulana, A. (2021). Development Of E-moduls In Engineering Drawing Courses With The Bim System Building Modeling Application. *Jurnal Pendidikan Teknik Sipil*, 10(1), 1-7.
- Sugiyono. (2016). *Metode Penelitian dan Pengembangan (Research and Development/R&D)*. Bandung: Alfabeta. <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2010.11.005>
- Tim BIM PUPR dan Institut BIM Indonesia (2018). "Panduan Adopsi BIM dalam Organisasi". Pusat Pusat Litbang Kebijakan dan Penerapan Teknologi Kementerian PUPR
- Zhabrinna, Davies, R. J., Abdillah Pratama, M. M., & Yusuf, M. (2018). BIM adoption towards the sustainability of construction industry in Indonesia. *MATEC Web of Conferences*, 195, 1-8. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819506003>