# Pengembangan Buku Referensi Pemodelan Jembatan *Cable Stayed* Berbasis BIM sebagai Media Pembelajaran Digital Teknik Sipil

**Siti Regina Era Fajira[1*], Fadila Fitria Wulandari[2], Muhammad Aris Ichwanto[3], Agil Fitri Handayani[4]**

[1-4]Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang, Indonesia

Corresponding Author's e-mail : *siti.regina.2205216@students.um.ac.id*

ARMADA
JURNAL PENELITIAN MULTIDISIPLIN

e-ISSN: 2964-2981

ARMADA : Jurnal Penelitian Multidisiplin

https://ejournal.45mataram.ac.id/index.php/armada

Vol. 04, No. 10 Oktober, 2026

Page: 6541-6551

DOI:

https://doi.org/10.55681/armada.v4i10.4384

Article History:

Received: Agustus 18, 2026

Revised: September 12, 2026

Accepted: Oktober 19, 2026

***Abstract*** *: The application of Building Information Modelling (BIM) in civil engineering education remains constrained by the limited availability of practical Indonesian-language learning materials, particularly for modelling and visualising cable-stayed bridges. This highlights the need for learning resources that systematically integrate modelling and visualisation software. This study aims to develop and assess the feasibility of a BIM-based reference book on cable-stayed bridge modelling using Autodesk Revit and D5 Render. It employed a Research and Development (R&D) approach using the 4D model, limited to the define, design and develop stages. Data were collected through four-point rating questionnaires completed by two subject experts and three student users. The findings indicate feasibility scores of 93% from expert validation and 92% from user trials, both classified as highly feasible. The reference book may support BIM-based bridge modelling and visualisation education. The development therefore addresses a specific resource gap while offering structured guidance for practical learning. Further research should evaluate its effectiveness in improving students' modelling competencies through trials involving larger participant groups.*

**Keywords** : *Guide Module, Cable-Stayed Bridge, Building Information Modeling (BIM), Autodesk Revit, D5 Render*

**Abstrak** : Penerapan *Building Information Modeling* (BIM) dalam pembelajaran teknik sipil masih menghadapi kendala berupa keterbatasan bahan ajar aplikatif berbahasa Indonesia, khususnya untuk pemodelan dan visualisasi jembatan *cable-stayed*. Kondisi ini menunjukkan perlunya sumber belajar yang mengintegrasikan perangkat lunak pemodelan dan visualisasi secara sistematis. Penelitian ini bertujuan mengembangkan dan menguji kelayakan buku referensi pemodelan jembatan *cable-stayed* berbasis BIM menggunakan Autodesk Revit dan D5 Render. Penelitian menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model 4D yang dibatasi pada tahap *define*, *design*, dan *develop*. Pengumpulan data menggunakan angket penilaian berskala empat yang melibatkan dua ahli materi dan tiga mahasiswa sebagai pengguna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa buku referensi memperoleh tingkat kelayakan sebesar 93% berdasarkan validasi ahli materi dan 92% berdasarkan uji coba pengguna, keduanya termasuk kategori sangat layak. Buku referensi ini

berpotensi mendukung pembelajaran pemodelan dan visualisasi jembatan berbasis BIM. Penelitian selanjutnya perlu menguji efektivitas penggunaannya terhadap peningkatan kompetensi pemodelan mahasiswa melalui uji coba dengan cakupan peserta yang lebih luas.

**Kata Kunci** : Modul, Jembatan Kabel-Penahan , *Building Information Modeling* (BIM), Autodesk Revit, D5 Render

## PENDAHULUAN

Jembatan *Cable-Stayed* adalah jembatan bentang panjang yang sering dipilih untuk mengatasi tantangan dengan bentang menengah hingga panjang. Struktur jembatan ini dikenal memiliki efisisensi nilai yang ekonomis juga secara langsung menawarkan desain estetika (Hapsari dkk., 2022). Sistem struktural utama pada jembatan *Cable-Stayed* ini secara garis besar tersusun dari elemen menara atau pylon, gelagar atau deck, serat susunan kabel penahan. Pylon berfungsi sebagai komponen struktur vertikal utama yang menerima beban tarik dari kabel yang kemudian disalurkan ke pondasi. Sementara itu, gelagar atau deck merupakan komponen struktur horizontal yang berfungsi sebagai jalur lalu lintas kendaraan yang secara langsung ditopang oleh gaya tarik kabel-kabel penyangga (Irawan dkk., 2011/2024). Sedangkan kabel berfungsi sebagai penahan gaya tarik yang menggantikan manara (Hapsari dkk., 2022). Integrasi antara ketiga komponen utama ini sangat krusial dalam menciptakan keseimbangan gaya yang akan menjamin kekakuan keseluruhan bentang jembatan.

Ditengan kompleksitas kebutuhan desain jembatan *Cable-Stayed* tersebut, proses perencanaan masih dengan metode konvensional. Dalam praktiknya dilapangan, metode pemodelan jembatan *Cable-Stayed* saat ini masih didominasi dengan pemodelan gambar dua dimensi (2D) (Oktafino & Arifin, 2026). format dua dimensi (2D) ini memiliki keterbatasan yang signifikan dalam proses menggambarkan hubungan geometrik yang kompleks antar elemen struktur. Melalui pemanfaatan teknologi *Building Information Modeling* dalam proyek infrastruktur, khususnya pada pemodelan jembatan Cable-Stayed, dapat memiliki dampak yang signifikan untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam setiap tahapan proyek (Antoni dkk., 2023). Pemanfaatan BIM di Indonesia sendiri didukung dengan kebijakan-kebijakan yang diberlakukan oleh pemerintah. Kebijakan mengenai peraturan BIM di Indonesia pertama kali dikeluarkan oleh Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rerakyat (PUPR) Nomor 22/PRT/M/2018 tentang pembangunan gedung negara dan dinyatakan bahwa bangunan tidak sederhana dengan kriteria luas diatas 2000 m2 (dua ribu meter persegi) dan diatas 2 (dua) lantai wajib diterapkan penggunaan *Building Information Modeling* (Sarifah dkk., 2024). Selanjutnya, Direktorat Jenderal (Dirjen) Bina Marga Kementrian PUPR mengeluarkan surat edaran Nomor: 11/SE/Db/2021 tentang Penerapan *Building Information Modeling* pada perencanaan teknis, konstruksi dan pemeliharaan jalan dan jembatan. Surat edaran ini bertujuan untuk penerapan BIM yang akan bermanfaat untuk meningkatkan efisiensi dan meminimalisasi kesalahan dalam perencanaan teknis jalan dan juga jembatan secara keseluruhan.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pemahaman dan penerapan teknologi BIM di Indonesia, masih belum merata di kalangan mahasiswa maupun praktisi teknik sipil. (Fitriani dkk., 2021) mendapati bahwa pengembangan BIM di Indonesia masih sangat terbatas, dengan kurangnya pendidikan dan pelatihan sebagai faktor utama rendahnya pengetahuan mahasiswa terhadap penerapan BIM dalam praktik. Temuan serupa disampaikan oleh (Ruhiyat dkk., 2025) mengemukakan bahwa meskipun regulasi mengenai BIM sudah diterbitkan, penggunaan BIM di lapangan masih terbatas, banyak proyek yang tetap mengandalkan metode konvensional, dan belum tersedia pembelajaran BIM yang mendalam pada tingkat perguruan tinggi. Di sisi lain, pembelajaran BIM juga sejalan dengan capaian pembelajaran SMK program keahlian Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan (DPIB). Dimana peserta didik pada program keahlian DPIB diarahkan untuk mampu membuat pemodelan 3D serta melakukan rendering untuk hasil visualisasi yang realistis (Kemendikbudristek, 2025). Hal ini menunjukkan tidak adanya

sinkronisasi penggunaan teknologi pemodelan digital seperti BIM dengan standar kompetensi yang menjadi target pembelajaran.

Berdasarkan penjelasan tersebut, penerapan BIM di Indonesia masih belum optimal meskipun telah didukung dengan regulasi dan sesuai dengan capaian pembelajaran di SMK maupun perguruan tinggi, terutama akibat kurangnya sumber belajar yang spesifik. Oleh karena itu, dibutuhkan sumber referensi belajar atau rujukan mengenai penerapan BIM pada pemodelan jembatan *Cable-Stayed* terutama pengimplementasian perangka lunak Autodesk Revit dan D5 Render. Namun, berdasarkan penelusuran perangkat lunak Publish or Perish, ditemukan bahwa literatur mengenai pemodelan BIM jembatan *Cable-Stayed* masih didominasi oleh artikel jurnal yang bersifat teoritis. Hingga saat ini, belum ditemukan buku referensi berbahasa Indonesia (0%) yang secara sistematis mengintegrasikan alur kerja (*workflow*) antara Autodesk Revit sebagai media pemodelan dan D5 Render sebagai media visualisasi untuk jembatan Cable-Stayed. Penelusuran menunjukkan bahwa mayoritas modul yang membahas BIM di Indonesia masih berfokus pada objek bangunan gedung, sehingga pemodelan spesifik mengenai elemen kabel dan Pylon jembatan *Cable-Stayed* belum tercukupi. Hal ini mengakibatkan para pembelajar mandiri seringkali mengalami kesulitan dalam menyinkronisasikan Revit dengan D5 Render secara efisien.

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode peneletian pengembangan yang lebih dikenal dengan istilah *Research and Development* (R&D). Model penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu model 4D (four-D). Menurut (Sihombing dkk., 2024) model pengambangan 4D memiliki empat tahapan meliputi: Pendefinisian (*Define*), Perencanaan (*Design*), Pengembangan (*Develop*), dan Penyebaran (*Deseminate*), namun pada penilitian ini hanya dilakukan sampai dengan tahapan pengembangan (*Develop*). Subjek validator pada penelitian ini terdiri dari 2 dosen departemen Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Negeri Malang yang berperan sebagai dosen ahli, serta 3 Mahasiswa Universitas Negeri Malang yang berperan sebagai validator uji coba modul. Penelitian ini dilaksanakan di Universitas Negeri Malang yang berlangsung pada bulan November 2025 hingga Februari 2026. Teknik pengumpulan data yang digunakan pada penelitian berupa instrumen yang disusun dalam bentuk angket tertutup menggunakan skala penilaian (rating scale) yang memungkinkan peneliti memperoleh data kuantitatif secara objektif.

Teknik analisis data pada penelitian ini menerapkan pendekatan yang selaras dengan sifat datanya, yaitu kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif bersumber dari instrumen angket penilaian yang divalidasi oleh dosen ahli serta validator implementasi. Pengukuran data dilakukan menggunakan Skala Likert, Butir pertanyaan dinilai dengan rentang skor 1-4.

**Tabel 1.** Nilai Kriteria Pernyataan

| Nilai dan Kriteria Pernyataan | |
|---|---|
| Skor | Kriteria |
| 4 | Sangat Setuju |
| 3 | Setuju |
| 2 | Kurang Setuju |
| 1 | Tidak Setuju |

Untuk menghitung presentase rata-rata penilaian produk menggunakan rumus berikut

$$NP = \left(\frac{R}{Sm}\right) x\ 100\%$$

Keterangan:
NP = Presentase rata-rata penilaian
R = Skor yang diperoleh
Sm = Skor maksimum
Skor yang diperoleh selanjutnya dianalisis dengan menghitung presentase kelayakan menggunakan rumus:

$$P = \frac{\Sigma St}{\Sigma Smax}$$

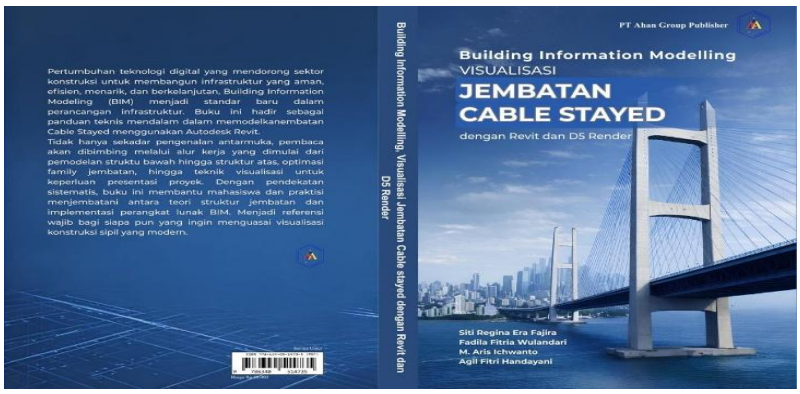
Keterangan:
P = Presentase (%)
ΣSt = Jumlah skor yang didapat
ΣSmax = Jumlah skor masksimum (Sugiyono, 2019)
Dari hasil yang diperoleh diatas, selanjutnya penilaian menggunakan kriteria presentase intepretasi sebagai acuan dari penelitian yang diperoleh dari ahli. Beriku skala presentasenya.

**Tabel 2.** Kriteria Tingkat Validasi Diadopsi dari (Syahadat dkk., 2023)

| Kriteria Validitas (%) | Tingkat Validitas | Keterangan |
|---|---|---|
| 76% - 100 % | Sangat Baik | Sangat Layak |
| 51% - 75% | Baik | Layak |
| 26% - 50% | Kurang Baik | Kurang Layak |
| 0% - 25% | Tidak Baik | Tidak Layak |

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian serta pengembangan ini bertujuan untuk menghasilkan buku referensi mengenai Building Invormation Modeling visualisasi jembatan cable stayed dengan Autodesk Revit dan D5 Render. Pengembangan modul ini menggunakan pendekatan Research and *Develop*ment (R&D) pada penelitian ini yaitu model 4D (*four-D*), fokus dari artikel ini adalah pengembangan (*develop*). pengembangan (*develop*) ini dilakukan guna mengevaluasi tingkat keakuratan, kelengkapan, serta keselarasan isi modul terhadap kaidah konsep maupun praktik perencanaan jembatan Cable Stayed berbasis BIM. Fokus utama dari tahap ini adalah uji validasi yang melibatkan ahli materi serta uji validasi implementasi. Validasi ini dilakukan oleh 5 narasumber, 2 validator ahli, dan 3 subjek uji validasi implementasi.




**Gambar 1.** Cover buku referensi



**Gambar 2.** Hasil rendering pemodelan jembatan Cable- Stayed

## Hasil Validasi Ahli Materi

Uji validasi oleh ahli materi dilakukan guna mengevaluasi tingkat keakuratan, kelengkapan, serta keselarasan isi modul terhadap kaidah konsep maupun praktik perencanaan jembatan Cable Stayed berbasis BIM. Berbagai saran dan masukan dari ahli kemudian dijadikan sebagai bahan dan acuan untuk merevisi dan menyempurnakan modul. Evaluasi kelayakan materi diukur melalui lima aspek penilaian, pada setiap aspek terdiri dari 3 butir pertanyaan validasi. Lima aspek penilaian tersebut, yaitu: 1) Aspek Kelayakan Isi Materi, 2) Aspek Pembelajaran, 3) Aspek Kelayakan Tata Bahasa, 4) Aspek Visual dan Penyajian, 5) Aspek Kelengkapan Unsur dan Kualitas Penerbitan. Berdasarkan hasil rekapitulasi angket dari kelima aspek tersebut, diperoleh presentase rata-rata penilaian produk diperoleh hasil 93% dengan tingkat validasi "Sangat Layak".

Pada aspek kelayakan isi materi, produk ini mendapatkan presentase 94%. Presentase ini menunjukkan bahwa materi yang ada dalam draf buku sangat akurat secara teknis dan relevan dengan bidang keilmuan yang dibahas. Selanjutnya pada aspek pembelajaran, memperoleh nilai presentase 92%. Tingginya nilai pada aspek ini membuktikan bahwa produk berhasil dalam memfasilitasi proses penyampaian informasi. Aspek kelayakan tata bahasa juga memperoleh presentase 92%. Angka ini menunjukan bahwa penyusunan naskah telah melalui proses penulisan dan penyuntingan secara teliti. Untuk aspek visual dan penyajian, perolehan presentase mencapai 94%. Perolehan presentase ini menandakan bahwa kualitas resolusi gambar yang jelas dan efektif dalam memperkuat penyampaian materi tulisan. Terakhir, aspek kelengkapan unsur dan kualitas penerbitan mendapat presentase 94%. Perolehan presentase ini mengonfirmasi kesiapan produk untuk masuk ke tahap publikasi.

**Tabel 3.** Hasil Validasi Ahli Materi

| No | Aspek | Validator 1 | Validator 2 | Presentase | Tingkat Validasi | Tingkat Kelayakan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Aspek Kelayakan Isi Materi | 15 | 15 | 94% | Sangat Baik | Sangat Layak |
| 2 | Aspek Pembelajaran | 15 | 14 | 92% | Sangat Baik | Sangat Layak |
| 3 | Aspek Kelayakan Tata Bahasa | 15 | 14 | 92% | Sangat Baik | Sangat Layak |
| 4 | Aspek Visual dan Penyajian | 15 | 15 | 94% | Sangat Baik | Sangat Layak |
| 5 | Aspek Kelengkapan Unsur dan Kualitas Penerbitan | 16 | 14 | 94% | Sangat Baik | Sangat Layak |
| | Presentase rata-rata penilaian produk | 76 | 72 | 93% | Sangat Baik | Sangat Layak |
| | Skor Maksimum | 80 | 80 | 100% | Sangat Baik | Sangat Layak |

## Hasil Validasi Implementasi Uji Coba

Uji validasi modul melalui uji coba implementasi kepada tiga orang mahasiswa,. Uji coba ini bertujuan untuk mengetahui keterpahaman, kemudahan penggunaan, serta keberhasilan modul dalam segi kemanfaatan. Saran dan masukan yang diberikan oleh mahasiswa digunakan sebagai bahan dan acuan merevisi dan menyempurnakan modul. Evaluasi kelayakan materi diukur melalui empat aspek penilaian, pada setiap aspek terdiri dari 4 butir pertanyaan validasi. Empat aspek penilaian tersebut, yaitu: 1) Aspek Keterpahaman Pembaca, 2) Aspek Kemudahan Penggunaan, 3) Aspek Kemanfaatan, 4) Aspek Tampilan Fisik/Layout. Berdasarkan hasil rekapitulasi angket dari keempat aspek tersebut, diperoleh presentase penilaian rata-rata penilaian produk diperoleh hasil 92% dengan tingkat kelayakan "Sangat Layak".

Pada aspek kelayakan isi materi, produk memeperoleh nilai presentase sebesar 86%. Meskipun presentase ini merupakan yang terendah dari aspek lainnya, namun tetap menegaskan

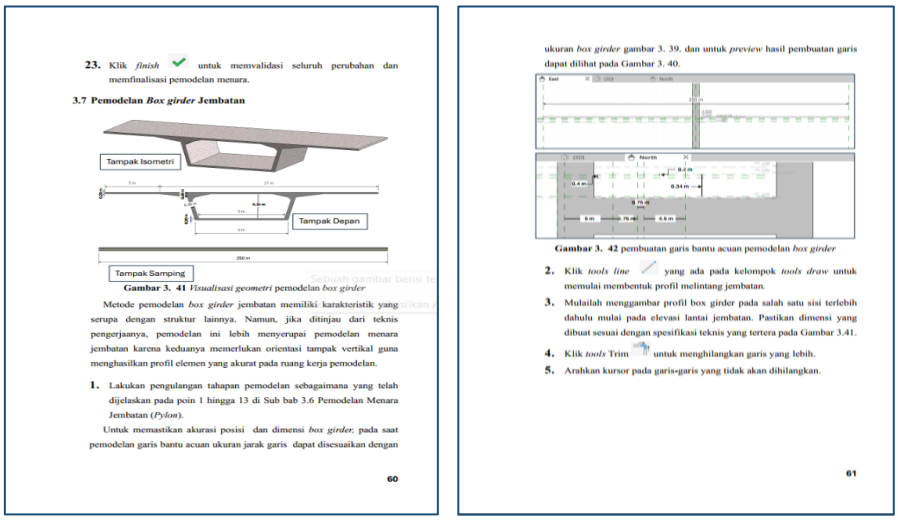
bahwa isi materi dalam buku sangat relevan saat diaplikasikan secara nyata. Selanjutnya, aspek pembelajaran memperoleh presentase 89%. Perolehan nilai presentase ini membuktikan bahwa alur serta instruksi yang ada dalam buku sangat efektif dalam pemahaman pengguna saat melakukan praktik langsung. Sementara itu, aspek kelayakan tata bahasa memperoleh presentase 92%. Perolehan nilai ini memvalidasi bahwa bahasa yang digunakan komunikatif, aplikatif, dan mampu meminimalisir ambiguitas pengguna. Keunggulan paling menonjol berada pada aspek visual dan penyajian yang berhasil memperoleh nilai presentase 100%. Hal ini menegaskan bahwa tata letak (layout), dan kualitas gambar yang ditampilkan sangat memuaskan dan sangat membantu menunjang fokus pengguna. Secara keseluruhan, pada validasi implementasi ini menunjukkan bahwa produk buku referensi tidak hanya bagus secara konsep namun juga terbukti sangat efektif dan layak untuk diimplementasikan di lapangan.

**Tabel 4.** Hasil Validasi Impelementasi

| No | Aspek | Validator | | | Presentase | Tingkat Validasi | Tingkat Kelayakan |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | | | |
| 1 | Aspek Kelayakan Isi Materi | 9 | 11 | 11 | 86% | Sangat Baik | Sangat Layak |
| 2 | Aspek Pembelajaran | 10 | 11 | 11 | 89% | Sangat Baik | Sangat Layak |
| 3 | Aspek Kelayakan Tata Bahasa | 10 | 12 | 11 | 92% | Sangat Baik | Sangat Layak |
| 4 | Aspek Visual dan Penyajian | 12 | 12 | 12 | 100% | Sangat Baik | Sangat Layak |
| Presentase rata-rata penilaian produk | | 41 | 46 | 45 | 92% | Sangat Baik | Sangat Layak |
| Skor Maksimum | | 48 | 48 | 48 | 100% | Sangat Baik | Sangat Layak |

## Masukan Dan Saran

Buku referensi yang telah divalidasi oleh ahli materi dan validator implementasi kemudian dilakukan perbaikan penyempurnaan berdasarkan catatan masukan yang telah diberikan. Peneliti memanfaatkan catatan tersebut sebagai acuan untuk mengevaluasi kekurangan dan merevisi Buku referensi demi menghasilkan produk yang lebih berkualitas. Pada tabel 5 terdapat masukan dan saran yang diberikan oleh kedua ahli materi, masukan berfokus pada kelengkapan isi konten. Sementara itu, pada tabel 6 catatan dan saran dari validator implementasi, masukan lebih berfokus pada kejelasan teknis dan instruksi seperti menambahkan ikon dan notasi ukuran pada gambar.




**Gambar 3.** Layout isi buku referensi

**Tabel 5.** Catatan dan Saran Ahli Materi

| Validator | Masukan dan Saran |
|---|---|
| Validator I | - Manual book apakah sudah menjadi referensi? |

| | |
|---|---|
| Validator II | - Penambahan glosarium untuk membantu pembaca memahami istilah teknis BIM dan komponen struktur jembatan<br>- Peningkatan kualitas visual<br>- Penyajian gambar 2.1 dan rendering 2.2 diperhatikan urutannya<br>- Hal 31 halaman kosong usahakan hanya untuk akhir bab<br>- penambahan visualisasi model 3D jembatan secara utuh (*final model view)* sebagai representasi hasil akhir pemodelan sebelum rendering |

**Tabel 6.** Catatan dan Saran Validator Implementasi

| Validator | Saran dan Masukan |
|---|---|
| Validator I | - Tambahkan ikon pada beberapa langkah-langkah<br>- Tambahkan ukura/ notasi yang jelas pada tiap gambar |
| Validator II | - Pengaturan satuan unit pada bab 2 subbab 2.2 poin c ditaruh pada bab 3 saja<br>- Penjelasan pada keterangan ukuran beberapa sub bab pada bab 3 lebih diperjelas<br>- Sub bab 3.7 lebih diperjelas lagi langkah-langkah tutorialnya<br>- Sub bab 3.8 sedikit membingungkan<br>- Pada bab 5 pecah menjadi 2 bab ( Bab 5 berisi Instal D5 dan pengenalannya, Bab 6 rendering pemodelan) |
| Validator III | - Perbaikan alur tahapan dan sesuaikan dengan keterangan gambar |

## Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa buku referensi pemodelan jembatan *cable-stayed* berbasis *Building Information Modeling* (BIM) menggunakan Autodesk Revit dan D5 Render memperoleh tingkat kelayakan sebesar 93% berdasarkan validasi ahli materi dan 92% berdasarkan uji coba pengguna. Kedua hasil tersebut termasuk kategori sangat layak dan menunjukkan bahwa produk memenuhi kriteria penilaian dari aspek substansi, pembelajaran, kebahasaan, dan penyajian visual. Temuan ini sejalan dengan penelitian Ruhiyat et al. (2025) mengenai pengembangan video pembelajaran Autodesk Revit serta Fitriani et al. (2021) yang menekankan pentingnya penguatan sumber belajar dan kompetensi BIM bagi mahasiswa teknik sipil. Namun, penelitian ini memiliki karakteristik berbeda karena menghasilkan buku referensi yang secara khusus mengintegrasikan pemodelan struktur jembatan *cable-stayed* dengan proses visualisasi digital menggunakan dua perangkat lunak dalam satu alur pembelajaran.

Kebaruan utama penelitian ini terletak pada integrasi alur kerja Autodesk Revit dan D5 Render dalam buku referensi aplikatif berbahasa Indonesia yang berfokus pada pemodelan visual jembatan *cable-stayed*. Penelitian sebelumnya lebih banyak membahas implementasi BIM dalam proyek konstruksi, pemodelan bangunan, atau penggunaan perangkat lunak secara terpisah. Antoni et al. (2023) dan Sarifah et al. (2024) mengkaji implementasi BIM pada proyek infrastruktur, sedangkan Kharimah dan Hidayat (2023) membahas pemodelan tiga dimensi jembatan menggunakan Autodesk Revit. Berbeda dari kajian tersebut, penelitian ini mengembangkan sumber pembelajaran yang menghubungkan pengenalan komponen struktur, pembentukan model tiga dimensi, pengaturan geometris, dan penyajian visual akhir menggunakan D5 Render. Integrasi tersebut memberikan kontribusi aplikatif terhadap pengembangan bahan pembelajaran BIM, khususnya untuk objek infrastruktur jembatan yang memiliki karakteristik geometris berbeda dari bangunan gedung.

Hasil validasi ahli materi sebesar 93% memperlihatkan kelayakan substansi dan penyajian buku referensi. Aspek kelayakan isi memperoleh nilai 94%, pembelajaran 92%, tata bahasa 92%, visual dan penyajian 94%, serta kelengkapan unsur dan kualitas penerbitan 94%. Penilaian tersebut menunjukkan bahwa validator memberikan respons positif terhadap cakupan materi dan sistematika pembelajaran. Dalam pemodelan jembatan *cable-stayed*, pemahaman hubungan antara *pylon*, *deck*, dan kabel penahan menjadi dasar penting untuk menyusun representasi tiga dimensi yang sesuai dengan karakteristik struktur. Hapsari et al. (2022) menegaskan pentingnya konfigurasi elemen struktur dalam perencanaan jembatan *cable-stayed*. Oleh karena itu, penyajian materi yang menghubungkan konsep struktur dengan prosedur penggunaan perangkat lunak menjadi salah satu kekuatan produk. Temuan ini juga relevan dengan Badrinath et al. (2016) yang menekankan pentingnya kompetensi pemodelan dan visualisasi dalam pendidikan BIM.

Hasil uji coba pengguna sebesar 92% memperkuat penilaian kelayakan produk dari perspektif mahasiswa. Aspek isi materi memperoleh nilai 86%, pembelajaran 89%, tata bahasa 92%, serta visual dan penyajian 100%. Penilaian tertinggi pada aspek visual menunjukkan bahwa pengguna memberikan respons sangat positif terhadap kualitas tampilan dan ilustrasi pemodelan. Hasil ini relevan dengan karakteristik pembelajaran teknik yang membutuhkan representasi visual untuk memahami hubungan geometris antarkomponen. Badrinath et al. (2016) menjelaskan bahwa visualisasi mendukung komunikasi informasi teknik dalam pembelajaran BIM. Meskipun demikian, perbedaan nilai antaraspek menunjukkan bahwa kejelasan instruksi dan sistematika penyampaian materi masih memerlukan penyempurnaan. Dengan demikian, kualitas visual yang tinggi perlu diimbangi dengan penjelasan prosedural agar pengguna dapat memahami dan mengikuti setiap tahapan pemodelan secara mandiri.

Masukan ahli dan mahasiswa memberikan dasar empiris untuk menyempurnakan buku referensi. Ahli materi merekomendasikan penambahan glosarium, peningkatan kualitas gambar, penyesuaian urutan penyajian, serta penambahan visualisasi model jembatan secara utuh. Sementara itu, mahasiswa menekankan perlunya ikon instruksi, notasi ukuran yang lebih jelas, perbaikan tahapan tutorial, dan pemisahan materi pengenalan D5 Render dari proses *rendering*. Perbedaan masukan tersebut menunjukkan bahwa kualitas bahan pembelajaran tidak hanya ditentukan oleh ketepatan substansi, tetapi juga oleh keterpahaman prosedur bagi pengguna. Temuan ini memperkuat relevansi tahap *develop* dalam model pengembangan 4D yang menempatkan validasi dan revisi sebagai bagian penting dari penyempurnaan produk (Sihombing et al., 2024). Dengan demikian, penilaian kelayakan dalam penelitian ini berfungsi sebagai dasar evaluasi produk sekaligus memberikan arah perbaikan yang sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Secara teoretis, penelitian ini memperluas kajian pengembangan bahan pembelajaran BIM melalui penerapan pendekatan integratif pada pemodelan infrastruktur jembatan. Kontribusi penelitian tidak hanya terletak pada tersedianya buku referensi, tetapi juga pada penyusunan alur pembelajaran yang menghubungkan konsep struktur jembatan, keterampilan pemodelan digital, dan komunikasi visual dalam satu sumber belajar. Pendekatan tersebut relevan dengan Badrinath et al. (2016) serta Tanko dan Mbugua (2022) yang menekankan pentingnya pengembangan kompetensi BIM dan integrasinya dalam pendidikan tinggi. Secara praktis, buku referensi ini dapat menjadi bahan pendukung praktikum maupun pembelajaran mandiri bagi mahasiswa teknik sipil. Dosen dapat memanfaatkannya untuk menyusun kegiatan pemodelan yang mencakup pengaturan parameter, pembentukan komponen struktur, dan visualisasi hasil desain. Bagi institusi pendidikan, produk ini memberikan alternatif sumber belajar berbahasa Indonesia untuk mendukung penguasaan teknologi konstruksi digital.

Penelitian ini berfokus pada pengembangan dan evaluasi kelayakan produk melalui penilaian dua ahli materi dan tiga mahasiswa pada tahap *develop*. Cakupan tersebut sesuai dengan tujuan penelitian untuk memperoleh penilaian awal terhadap kualitas buku referensi sebelum penerapan yang lebih luas. Namun, hasil validasi belum secara langsung mengukur peningkatan keterampilan pemodelan maupun efektivitas pembelajaran mahasiswa. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya perlu melibatkan pengguna dengan tingkat pengalaman yang lebih beragam serta menerapkan penilaian kinerja sebelum dan sesudah penggunaan buku. Pengujian dapat mencakup ketepatan geometri model, kesesuaian dimensi, kelengkapan komponen struktur, dan kualitas visualisasi

akhir. Pengembangan tersebut akan memperkuat bukti empiris mengenai manfaat pembelajaran sekaligus memperluas penerapan buku referensi BIM dalam pendidikan teknik sipil.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan buku referensi pemodelan visual jembatan *cable-stayed* berbasis *Building Information Modeling* (BIM) menggunakan Autodesk Revit dan D5 Render. Buku referensi tersebut mengintegrasikan tahapan pengoperasian perangkat lunak, pemodelan struktur jembatan tiga dimensi, dokumentasi teknis, dan visualisasi digital dalam satu alur pembelajaran yang sistematis. Hasil validasi ahli materi memperoleh persentase kelayakan sebesar 93%, sedangkan uji coba pengguna mencapai 92%, keduanya termasuk kategori sangat layak. Temuan ini menunjukkan bahwa buku referensi memenuhi kriteria kelayakan dari aspek substansi, pembelajaran, kebahasaan, dan penyajian visual. Kebaruan penelitian terletak pada integrasi Autodesk Revit dan D5 Render dalam buku referensi aplikatif berbahasa Indonesia yang secara khusus membahas pemodelan jembatan *cable-stayed*. Dengan demikian, produk ini layak menjadi sumber pendukung pembelajaran pemodelan dan visualisasi jembatan berbasis BIM, meskipun efektivitasnya terhadap peningkatan kompetensi mahasiswa masih memerlukan pengujian lebih lanjut.

Penelitian selanjutnya disarankan melibatkan jumlah pengguna yang lebih besar dan beragam serta menerapkan pengujian sebelum dan sesudah pembelajaran untuk mengukur efektivitas buku referensi terhadap peningkatan keterampilan pemodelan digital. Evaluasi dapat mencakup ketepatan geometri, kesesuaian dimensi, kelengkapan komponen struktur, dan kualitas visualisasi akhir. Bagi praktisi pendidikan, khususnya dosen dan mahasiswa teknik sipil, buku referensi ini dapat dimanfaatkan sebagai panduan praktikum maupun sumber belajar mandiri untuk mendukung penguasaan teknologi BIM. Dari sisi kebijakan, perguruan tinggi dan pengelola program studi perlu mempertimbangkan pengintegrasian sumber belajar BIM yang aplikatif ke dalam pembelajaran, disertai penyediaan perangkat lunak, fasilitas pendukung, dan penguatan kompetensi pengajar agar pemanfaatan teknologi pemodelan digital dapat berlangsung secara optimal.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah memberi dukungan baik moril maupun materil terhadap pelaksanaan kegiatan ini, sehingga menghasilkan sebuah karya buku referensi yang bisa bermanfaat bagi praktisi, mahasiswa, maupun umum untuk mempelajari pemodelan jembatan *Cable-Stayed* dengan berbasis *Building Information Modeling* menggunakan *software* Revit dan D5 Render.

## DAFTAR PUSTAKA

Amin, B., Huda, N., Hermina, D., & Fajriati, A. A. (2025). Desain Konseptual Berbasis Research And Development Model 4D Dalam Pengembangan Kurikulum PAI Adaptif Bagi Peserta Didik Dengan Disabilitas Intelektual. *Jurnal Pendidikan Agama Islam*, *4*(2), 249–259.

Antoni, F. A., Despa, D., & Widyawati, R. (2023). Peran implementasi Building Information Modelling (BIM) terhadap kinerja proyek Jalan Tol Kayuagung–Palembang–Betung tahap II STA 67+400–75+000. Seminar Nasional Insinyur Profesional (SNIP), 3(1). https://doi.org/10.23960/snip.v3i1.403

Arifin, N. F. R. (2024). *Pemodelan Jembatan Cable Stayed Menggunakan Aplikasi Midas Civil*. Universitas Hasanudin.

Autodesk, A. (2023). *Autocad Revit Structure Suite 2010 User Manual*.

Badrinath, A. C., Chang, Y.-T., & Hsieh, S.-H. (2016). A review of tertiary BIM education for advanced engineering communication with visualization. Visualization in Engineering, 4, Article 9. https://doi.org/10.1186/s40327-016-0038-6

Balacosa, W. B. (2025). *Perbandingan efektivitas perangkat lunak gratis untuk visualisasi arsitektur: Studi kasus Blender, Unreal Engine, dan D5 Render*.

BSNP, B. (2023). Instrumen Penilaian Buku Teks Pelajaran Tahun 2014. *Badan Standar Nasional Pendidikan*. https://www.bsnp-indonesia.org/2014/05/28/instrumen-penilaian-buku-teks-pelajaran-tahun-2014/

Fatmawati, N. E., & Arifin, M. F. A. (2025). *Pemodelan Struktur Bangunan Jembatan Menggunakan Software BIM Revit 3D (Studi Kasus: Pembangunan Jalan Tol Probolinggo – Banyuwangi Paket 3)*. *4*.

Fitriani, H., Yanti, A. F., Foralisa, M., & Muhtarom, A. (2021). Understanding Civil Engineering and Architectural Engineering Students' Perceptions about BIM Practices. *Jurnal Teknik Sipil Dan Perencanaan*, *23*(2), 125–133. https://doi.org/10.15294/jtsp.v23i2.29907

Hapsari, R., Bramantoro, D. T. A., & Yuliati, N. C. E. (2022). Desain jembatan cable-stayed dengan sistem single plane di Jalan Tol Pandaan-Malang. Composite: Journal of Civil Engineering, 1(2), 71–84. https://doi.org/10.26905/cjce.v1i2.9346

Intel Corporation, C. (2022). *D5 Render Powers Through Complex Architectural Visualizations*.

Irawan, R., Tristanto, L., & Virlanda, T. W. N. (2024). *Perencanaan Teknis Jembatan Cable Stayed*. Kementrian Pekerjaan Umum. (Original work published 2011)

Islamiyah, A., Budiardjo, H., & Yurisma, D. Y. (2023). *Perancangan Buku Referensi Karakteristik Tata Rias Tari Surabaya Dengan Teknik Fotografi Sebagai Sarana Informasi Masyarakat Surabaya*.

Janizar, S., Habdullah, H., Setiawan, F., & Ampearawan Schipper, L. (2022). Perencanaan Jembatan Cable Stayed 200 Meter (Studi Kasus: Jembatan Cijambe Garut). *JURNAL TEKNIK SIPIL CENDEKIA (JTSC)*, *3*(1), 43–59.

Kemendikbudristek. (2025). *Capaian Pembelajaran (CP) Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan (DPIB) pada Kurikulum Merdeka*. https://guru.kemendikdasmen.go.id/kurikulum/referensi-penerapan/capaian-pembelajaran/smk/desain-pemodelan-dan-informasi-bangunan/

Kharimah, M. I., & Hidayat, B. (2023). Pemodelan 3D Jembatan Lengkung, Studi Kasus Jembatan Bukit Sulap, Menggunakan Software Autodesk Revit. *Jurnal Bangunan, Konstruksi & Desain*, *1*(3), 133–140. https://doi.org/10.25077/jbkd.1.3.133-140.2023

Kristiyani, A. (2024). Pengembangan Buku Referensi Menulis Faktual Berbasis Multiliterasi. *Jurnal Kependidikan: Penelitian Inovasi Pembelajaran*, *4*(1), 177–184. https://doi.org/10.21831/jk.v4i1.30724

Laksana, D. N. L. (2024). Validation Instruments for Local Culture-Based Learning Media. *Journal of Education Technology*, *8*(2), 264–274. https://doi.org/10.23887/jet.v8i2.74446

Masrilayanti, M., & Yosen, N. (2023). *Analisis Perbandingan Perilaku Struktur Jembatan Cable Stayedtipe Fan Dan Tipe Radialakibat Beban*.

Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2023). *Qualitative data analysis: A methods sourcebook* (Edition 3). Sage.

Muchlis, B. (2026). *Pembangunan Jembatan Bentang Panjang Di Indonesia (Studi Kasus: Jembatan Bentang Panjang Pulau Balang)*.

Mukhsin, M., & Ramdani, Y. (2023). *Optimasi Sistem Struktur Cable-Stayed Akibat Beban Gempa*.

Nurdiana, A., & Pramesti, P. U. (2024). *Revit untuk BIM (Pemodelan struktural dan arsitektural)*.

Oktafino, A. R., & Arifin, M. F. A. (2026). *Pemodelan Struktur Bangunan Jembatan Paiton 3 Menggunakan Software BIM Revit 3D (Studi Kasus: Pembangunan Jalan Tol Probolinggo – Banyuwangi Paket 3)*. *5*.

Pantiga, J., & Soekiman, A. (2024). *Kajian Literatur Implementasi Building Information Modeling (Bim) DI Indonesia*. https://www.academia.edu/103538457/Kajian_Literatur_Implementasi_Building_Information_Modeling_Bim_DI_Indonesia

*Pedoman Publikasi Kemendikbud Ristek*. (2019). ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/376584056_Pedoman_publikasi_2019

Purnawan, R. (2023). *Desain Jembatan Cable Stayed Sembayat Baru dengan Single Plane System Menggunakan Metode Pelaksanaan Balanced Cantilever*.

Putri, P. R., & Azhar, Z. (2024). Pengaruh Pembangunan Infrastruktur Terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Indonesia. *Jurnal Kajian Ekonomi dan Pembangunan*, *6*(1), 33. https://doi.org/10.24036/jkep.v6i1.15837

Rahayu, A. (2025). Metode Penelitian dan Pengembangan (R&D): Pengertian, Jenis dan Tahapan. *DIAJAR: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran*, *4*(3), 459–470. https://doi.org/10.54259/diajar.v4i3.5092

Ruhiyat, N. A. F., Setiawan, A. H., & Sukatiman, S. (2025). Pengambangan Video Pembelajaran Revit sebagai Bahan Belajar Aplikasi Pemodelan Bangunan Berbasis BIM. *JIPTEK: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik dan Kejuruan*, *18*(2), 197–206. https://doi.org/10.20961/jiptek.v18i2.92632

Ruhiyat, N. A. F., Setiawan, A. H., & Sukatiman. (2025). Pengambangan video pembelajaran Revit sebagai bahan belajar aplikasi pemodelan bangunan berbasis BIM. JIPTEK: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik dan Kejuruan, 18(2), 197–206. https://doi.org/10.20961/jiptek.v18i2.92632

Sarifah, F., Kadapi, M., Nurhalimah, A. K., Firdaus, R., Ropiq, R. A., Nugraha, M., & Putra, M. G. R. (2024). Penerapan Building Information Modelling (BIM) oleh PT PP (Persero) Tbk pada Proyek Jembatan di Indonesia. *Jurnal Civronlit Unbari*, *9*(1), 41. https://doi.org/10.33087/civronlit.v9i1.126

Setiawan, A., Astuti, I. F., & Kridalaksana, A. H. (2023). *Klasifikasi Dan Pencarian Buku Referensi Akademik Menggunakan Metode Naïve Bayes Classifier (NBC) (Studi Kasus: Perpustakaan Daerah Provinsi Kalimantan Timur)*.

Siahaan, Y. S. B., & Andayani, R. (2021). Analisis Pengaruh Konfigurasi Menara Pada Jembatan Cable Stayed Akibat Beban Gempa. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, *17*(1), 37–51. https://doi.org/10.25077/jrs.17.1.37-51.2021

Sihombing, B., Zamsiswaya, & sawaluddin. (2024). Model Pengembangan 4D (Define, Design, Develop, dan Disseminate) dalam Pembelajaran Pendidikan Islam. *Journal of Islamic Education El Madani*, *4*(1), 11–19. https://doi.org/10.55438/jiee.v4i1.135

Sriyana, J. (2024). *Berbagai Aspek Penulisan Buku Ajar/Teks dan Buku referensi*.

Syahadat, D. A., Nulhakim, L., & Suryani, D. I. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis e-Katalog untuk Menumbuhkan Minat Belajar Siswa Kelas VIII SMP pada Tema Makanan Berbahaya. *Jurnal Pendidikan Mipa*.

Tanko, B. L., & Mbugua, L. (2022). BIM education in higher learning institutions: A scientometric review and the Malaysia perspective. International Journal of Built Environment and Sustainability, 9(1), 23–37. https://doi.org/10.11113/ijbes.v9.n1.864

Waruwu, M. (2024). Metode Penelitian dan Pengembangan (R&D): Konsep, Jenis, Tahapan dan Kelebihan. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, *9*(2), 1220–1230. https://doi.org/10.29303/jipp.v9i2.2141

Zahedi, F., & Sardroud, J. M. (2024). *Global BIM Adoption Movements and Challenges: An Extensive Literature Review*.

Zayrin, A. A., Nupus, H., Maizia, K. K., Marsela, S., Hidayatullah, R., & Harmonedi, H. (2025). Analisis Instrumen Penelitian Pendidikan (Uji Validitas Dan Relibilitas Instrumen Penelitian). *Jurnal QOSIM Jurnal Pendidikan Sosial & Humaniora*, *3*(2), 780–789. https://doi.org/10.61104/jq.v3i2.1070.