

Pemodelan Struktur Bangunan Jembatan Paiton 3 Menggunakan Software BIM Revit 3D (Studi Kasus: Pembangunan Jalan Tol Probolinggo – Banyuwangi Paket 3)

Adithyo Raihan Oktafino¹, Muhammad Faizal Ardiansyah Arifin^{1*}

¹Universitas Negeri Semarang, Semarang, Indonesia

adithyoraihan17@students.unnes.ac.id*

Copyright©2026 by authors. Authors agree that this article remains permanently open access under the terms of the Creative Commons

Abstrak

Pemanfaatan *Building Information Modeling* (BIM) sebagai teknologi pemodelan berbasis digital terus berkembang dalam perencanaan infrastruktur. Namun, penerapan BIM pada perencanaan struktur jembatan di Indonesia masih belum optimal, khususnya pada tahap pemodelan detail tiga dimensi (3D). Pada praktiknya, perencanaan jembatan masih didominasi oleh penggunaan gambar dua dimensi (2D) yang memiliki keterbatasan dalam merepresentasikan hubungan geometrik antar elemen struktur serta kurang efektif dalam mendeteksi potensi ketidaksesuaian desain sejak tahap awal perencanaan. Penelitian ini dilakukan pada Jembatan Paiton yang merupakan bagian dari Proyek Jalan Tol Probolinggo–Banyuwangi. Jembatan ini terdiri atas berbagai elemen struktur utama, antara lain fondasi, *pilecap*, pilar, *abutment*, *pier head*, *girder*, dan pelat lantai, yang memiliki hubungan geometrik kompleks. Kompleksitas tersebut berpotensi menimbulkan permasalahan koordinasi desain apabila hanya direpresentasikan melalui gambar 2D. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji penerapan BIM 3D dalam pemodelan struktur Jembatan Paiton serta menilai kemampuannya dalam mendukung identifikasi ketidaksesuaian geometrik dan koordinasi perencanaan. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif terapan dengan pendekatan studi kasus. Data penelitian meliputi gambar rencana, dimensi elemen struktur, dan informasi elevasi yang diperoleh dari dokumen perencanaan proyek. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa penggunaan BIM 3D mampu meningkatkan kejelasan visualisasi hubungan antar elemen struktur serta konsistensi informasi dimensi dan elevasi dalam satu model digital terpadu. Model yang dihasilkan juga mempermudah proses koordinasi desain dengan menyediakan representasi struktur yang komprehensif, sehingga potensi ketidaksesuaian geometrik dapat diidentifikasi lebih awal pada tahap perencanaan. Dengan demikian, penerapan BIM 3D pada perencanaan Jembatan Paiton berkontribusi dalam meningkatkan keandalan desain dan kesiapan pelaksanaan konstruksi.

Kata kunci: *Building Information Modeling* (BIM), BIM 3D, perencanaan jembatan, pemodelan struktur, Autodesk Revit

Abstract

The application of Building Information Modeling (BIM) as a digital-based modeling technology has continued to grow in infrastructure planning. However, the implementation of BIM in bridge structural planning in Indonesia remains limited, particularly at the detailed three-dimensional (3D) modeling stage. In practice, bridge planning is still predominantly based on two-dimensional (2D) drawings, which have limitations in representing geometric relationships among structural elements and are less effective in identifying potential design inconsistencies at the early planning stage. This research was conducted on the Paiton Bridge, which is part of the Probolinggo–Banyuwangi Toll Road Project. The bridge structure consists of several main structural elements, including foundations, pile caps, piers, abutments, pier heads, girders, and deck slabs, which have complex geometric relationships. Such complexity may lead to design coordination issues when represented solely through 2D drawings. Therefore, this study aims to analyze the application of BIM 3D in the structural modeling of the Paiton Bridge and to evaluate its capability in supporting the identification of geometric inconsistencies and design coordination. The research method employed is an applied quantitative method using a case study approach. The data used include construction drawings, structural element dimensions, and design elevation information obtained from project planning documents. The modeling results indicate that the use of BIM 3D improves the clarity of visualization of relationships among structural elements and enhances the consistency of dimensional and elevation information within an integrated digital model. The resulting model also facilitates design coordination by providing a comprehensive structural representation, enabling potential geometric inconsistencies to be identified earlier during the planning stage. Consequently, the application of BIM 3D in the planning of the Paiton Bridge contributes to improved design reliability and construction readiness.

Keywords: Building Information Modeling (BIM), BIM 3D, bridge planning, structural modeling, Autodesk Revit

Pendahuluan

Perkembangan teknologi digital dalam industri konstruksi telah mendorong terjadinya perubahan signifikan pada metode perencanaan dan pengelolaan proyek infrastruktur. Salah satu teknologi yang berperan penting dalam transformasi tersebut adalah *Building Information Modeling* (BIM), yaitu pendekatan berbasis model digital yang mampu mengintegrasikan informasi geometrik, teknis, dan non-geometrik ke dalam satu representasi terpadu. Penerapan BIM, khususnya pada tahap pemodelan tiga dimensi (BIM 3D), terbukti mampu meningkatkan kualitas visualisasi desain, memperjelas hubungan spasial antar elemen struktur, serta mengurangi potensi kesalahan akibat perbedaan interpretasi gambar konvensional (Azhar, 2011; Eastman et al., 2018). Selain itu, BIM juga berperan dalam meningkatkan koordinasi antar disiplin melalui penyediaan model digital yang konsisten dan dapat diakses oleh seluruh pemangku kepentingan proyek (Bryde et al., 2013; Succar, 2009).

Seiring dengan percepatan pembangunan infrastruktur di Indonesia dalam beberapa tahun terakhir, khususnya pada sektor transportasi seperti jalan tol dan jembatan, kebutuhan akan metode perencanaan yang akurat dan terkoordinasi menjadi semakin mendesak. Infrastruktur transportasi memiliki peran strategis dalam mendukung konektivitas wilayah dan mendorong pertumbuhan ekonomi nasional. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kualitas perencanaan infrastruktur berpengaruh langsung terhadap efisiensi pelaksanaan dan kinerja layanan transportasi (Kartiasih, 2019; World Bank, 2020). Namun demikian, dalam praktiknya perencanaan struktur jembatan di Indonesia masih banyak bergantung pada gambar dua dimensi (2D), yang memiliki keterbatasan dalam merepresentasikan kondisi geometrik secara menyeluruh serta kurang efektif dalam mengidentifikasi potensi ketidaksesuaian desain sejak tahap awal perencanaan.

Pada Proyek Jalan Tol Probolinggo–Banyuwangi, Jembatan Paiton 3 merupakan salah satu struktur utama yang memiliki tingkat kompleksitas cukup tinggi, baik dari segi konfigurasi geometrik maupun keterkaitan antar elemen struktur. Struktur jembatan ini terdiri atas berbagai elemen utama, seperti fondasi, pilecap, pilar, abutment, pier head, girder, dan pelat lantai, yang harus direncanakan secara presisi agar kesesuaian dimensi dan elevasi antar elemen dapat terjaga. Kompleksitas hubungan antar elemen tersebut menuntut tingkat ketelitian yang tinggi dalam proses perencanaan. Penggunaan gambar 2D sering kali menyulitkan dalam memvisualisasikan keterkaitan spasial secara komprehensif, sehingga berpotensi menimbulkan permasalahan koordinasi desain yang dapat berdampak pada perubahan atau revisi perencanaan di tahap selanjutnya (Volk et al., 2014).

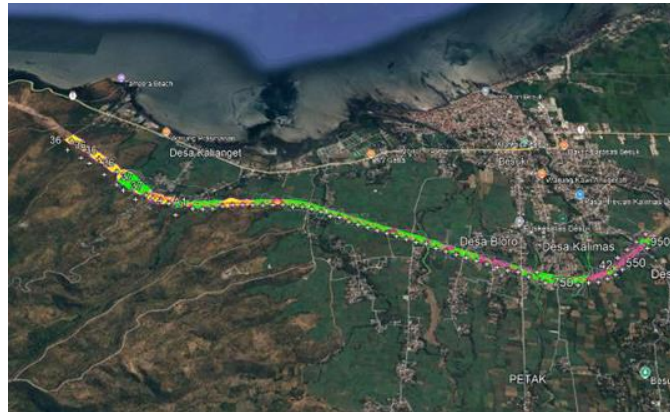
Perangkat lunak BIM seperti *Autodesk Revit* menyediakan kemampuan pemodelan struktur dalam bentuk tiga dimensi yang terintegrasi dengan informasi teknis, sehingga dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kualitas perencanaan struktur jembatan. Namun demikian, pemanfaatan BIM 3D dalam perencanaan jembatan di Indonesia masih belum optimal dan pada umumnya terbatas pada fungsi visualisasi dasar. Sebagian besar penelitian terdahulu lebih banyak menitikberatkan pada pengembangan BIM ke dimensi lanjutan, seperti BIM 4D untuk penjadwalan dan BIM 5D untuk estimasi biaya, serta aspek manajemen konstruksi dan pengendalian proyek (Sacks et al., 2018; Rehman et al., 2021). Kajian yang secara spesifik membahas peran BIM 3D dalam perencanaan struktur jembatan, khususnya dalam mengidentifikasi ketidaksesuaian geometrik dan meningkatkan koordinasi desain, masih relatif terbatas.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan penelitian yang mengkaji penerapan BIM 3D pada tahap perencanaan struktur jembatan secara lebih mendalam. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan BIM 3D dalam pemodelan struktur Jembatan Paiton 3 pada Proyek Jalan Tol Probolinggo–Banyuwangi, serta mengevaluasi perannya dalam meningkatkan konsistensi informasi geometrik dan koordinasi desain. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif terapan dengan metode studi kasus, di mana pemodelan struktur dilakukan menggunakan *Autodesk Revit* berdasarkan data teknis perencanaan berupa gambar kerja, dimensi elemen struktur, dan elevasi desain. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi berupa alur kerja pemodelan BIM 3D yang lebih efektif sebagai referensi dalam pengembangan perencanaan jembatan berbasis BIM di Indonesia.

Metodologi Penelitian

Lokasi Penelitian

Lokasi pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Probolinggo – Banyuwangi (Paket 3) Situbondo khususnya pada Jembatan Paiton 3 STA 29+198 – 29+369. Proyek ini berlokasi di ruas Jalan Paiton – Besuki, Kabupaten Situbondo, Provinsi Jawa Timur yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Proyek Penelitian

Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian kuantitatif terapan. Menurut Sugiyono (2016), penelitian kuantitatif terapan merupakan penelitian yang bertujuan untuk menilai efektivitas suatu metode atau produk yang diterapkan pada kondisi nyata, sehingga hasilnya dapat memberikan solusi praktis terhadap permasalahan tertentu. Dalam penelitian ini, objek yang dikaji adalah penerapan *Building Information Modeling* (BIM) 3D dalam proses perencanaan struktur konstruksi. Produk yang dikembangkan berupa model BIM 3D, yaitu pemodelan digital yang menyajikan informasi geometrik dan teknis elemen struktur dalam bentuk tiga dimensi secara terintegrasi. Model tersebut digunakan untuk menggambarkan hubungan antar elemen struktur secara visual dan terkoordinasi sehingga dapat mendukung analisis perencanaan. Selanjutnya, efektivitas penerapan BIM 3D dievaluasi melalui analisis kuantitatif terhadap konsistensi informasi geometrik dan kemudahan koordinasi desain yang dihasilkan dari proses pemodelan.

Jenis Data dan Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari Proyek Pembangunan Jalan Tol Probolinggo – Banyuwangi Paket 3 Ruas Paiton - Besuki. Data yang didapatkan adalah sebagai berikut :

1. Data Primer, berupa :

- Catatan hasil pengamatan langsung dan wawancara
- Dokumentasi proyek berupa foto melalui pengamatan langsung

2. Data Sekunder, berupa :

- *Shop drawing* dalam bentuk file Autocad (.dwg)

- *Shop drawing* dalam bentuk file (.pdf)

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan cara sebagai berikut :

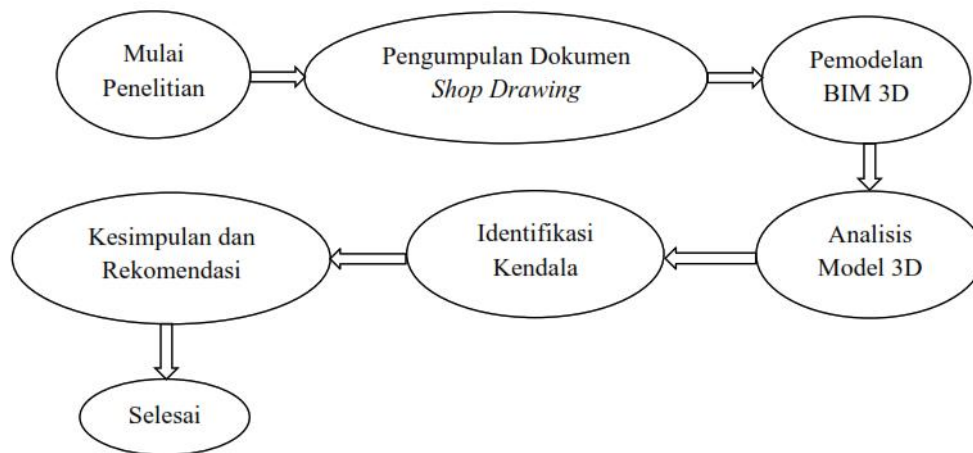
1. Observasi dilakukan dengan cara melakukan wawancara kepada pihak pelaksana proyek serta peninjauan langsung ke lokasi pembangunan untuk memperoleh data terkait kondisi aktual di lapangan. Data yang dikumpulkan meliputi gambar perencanaan, jadwal pelaksanaan proyek, metode kerja, serta dokumentasi kegiatan konstruksi. Informasi tersebut digunakan sebagai dasar dalam proses pemodelan 3D.
2. Studi literatur dilakukan untuk memperoleh landasan teoritis dan referensi ilmiah yang berkaitan dengan konsep pemodelan 3D. Sumber referensi diperoleh dari buku, jurnal ilmiah, prosiding, dan publikasi akademik yang membahas penerapan BIM dalam proyek konstruksi. Hasil studi literatur ini menjadi acuan dalam penyusunan metodologi dan analisis penerapan BIM dalam pemodelan 3D pada penelitian ini.

Tahapan Penelitian

Berikut merupakan tahapan-tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Identifikasi masalah dilakukan untuk mengidentifikasi permasalahan yang muncul dalam proses perencanaan dan perancangan struktur jembatan dengan metode konvensional, seperti keterbatasan visualisasi desain, potensi ketidaktepatan dalam interpretasi gambar 2D, serta kurangnya integrasi informasi antar komponen struktur.
2. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung ke lapangan, wawancara dengan pihak pelaksana proyek, serta pengumpulan dokumen proyek seperti gambar kerja, jadwal pelaksanaan, dan laporan progres.
3. Perancangan model 3D dilakukan pembuatan model tiga dimensi (3D) menggunakan Autodesk Revit berdasarkan data gambar perencanaan arsitektur dan struktur proyek. Model ini mencakup elemen-elemen utama pada jembatan dan elemen pendukung lainnya.
4. Analisis dan evaluasi hasil penelitian dilakukan untuk menilai efektivitasnya dalam mendukung proses perencanaan dan desain struktur jembatan.
5. Tahap terakhir penelitian ini Adalah Menyusun Kesimpulan berdasarkan hasil penelitian implementasi BIM 3D dalam pemodelan jembatan.

Berikut diagram alir atau *flowchart* untuk memperjelas mengenai tahapan penelitian secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Hasil dan Pembahasan

Penginstallan Software AutoCAD dan Revit 3D

Dalam penelitian ini, perangkat lunak BIM yang digunakan adalah Autodesk Revit 3D 2024 dan AutoCAD 2022 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3 dan Gambar 4 untuk melakukan pemodelan tiga dimensi serta perincian elemen struktur. Pemodelan struktur meliputi elemen inti seperti fondasi, *pilecap*, pilar, *abutment*, *pier head*, *girder*, dan pelat lantai.



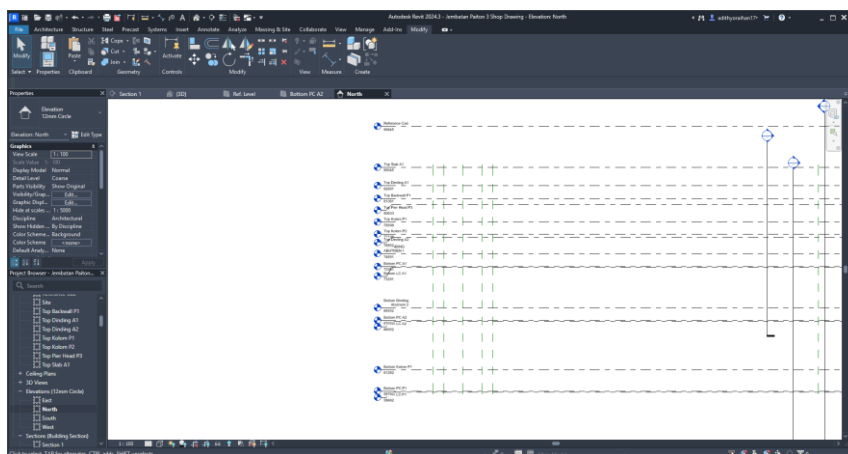
Gambar 3. Software AutoCAD 2022



Gambar 4. Software Revit 2024

Pembuatan *Reference Planes* dan Elevasi

Setelah proses instalasi perangkat lunak selesai, dilakukan proses autentikasi menggunakan akun Autodesk yang telah terdaftar. Tahapan selanjutnya meliputi penetapan *reference planes* dan *level elevasi* untuk masing-masing elemen struktur berdasarkan *shop drawing* sebagai acuan utama. Penetapan *reference planes* dan *level* ini bertujuan untuk memastikan ketepatan posisi, elevasi, dan keterkaitan geometrik antar elemen struktur dalam proses pemodelan, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.

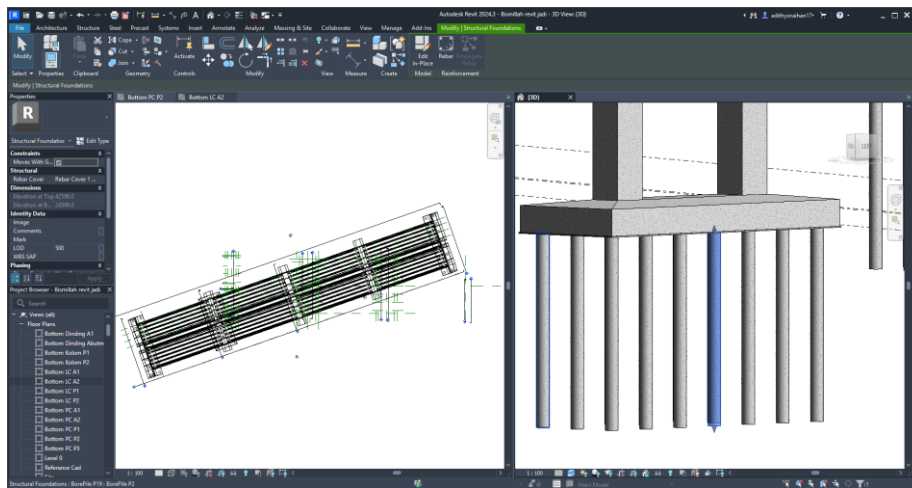


Gambar 5. Level Elevasi

Pemodelan Pondasi *Borepile*

Proses pemodelan pondasi *bore pile* pada Autodesk Revit dilakukan dengan memanfaatkan fitur *Model In-Place* menggunakan metode *Extrusion*. Metode *extrusion* dipilih karena geometri *bore pile* umumnya berbentuk silindris dengan penampang yang seragam sepanjang kedalamannya, sehingga memungkinkan proses pemodelan dilakukan secara efisien dan representatif hanya dengan satu profil penampang. Tahapan pemodelan diawali dengan pembuatan *family* baru menggunakan kategori *Structural Foundation* atau *Structural Column*. Pada *work plane* yang telah ditetapkan sebelumnya, digambar profil penampang *bore pile* berbentuk lingkaran sesuai dengan diameter rencana.

Profil tersebut kemudian diekstrusi secara vertikal dengan panjang ekstrusi yang merepresentasikan kedalaman *bore pile* sesuai data perencanaan. *Family* yang telah selesai dimodelkan selanjutnya dimuat ke dalam *project* dan ditempatkan sesuai dengan tata letak pondasi jembatan, baik secara tunggal maupun berulang dengan memanfaatkan fungsi *copy* atau *array*. Tahap akhir pemodelan meliputi pemeriksaan kesesuaian dimensi, elevasi, serta koordinasi geometrik dengan elemen struktur lainnya guna memastikan tidak terjadi ketidaksesuaian antar elemen. Proses dan hasil pemodelan pondasi *bore pile* tersebut ditunjukkan pada Gambar 6, yang memperlihatkan konfigurasi geometrik dan penempatan *bore pile* dalam model struktur jembatan secara keseluruhan.

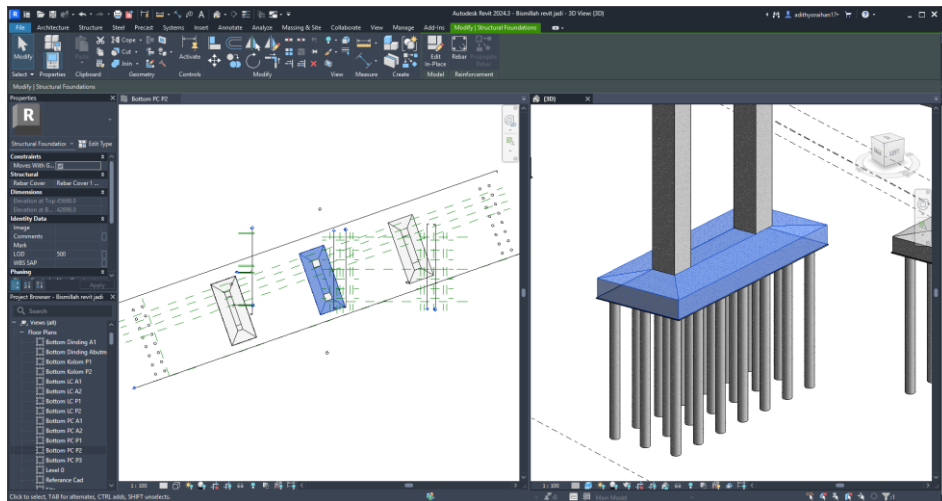


Gambar 6. Pemodelan Pondasi *Borepile*

Pemodelan *Pilecap*

Setelah pemodelan pondasi *bore pile* selesai, tahap selanjutnya adalah pemodelan *pile cap* dengan memanfaatkan fitur *Model In-Place* menggunakan metode *Sweep* pada Autodesk Revit. Tahap awal pemodelan diawali dengan pengaturan proyek yang meliputi penetapan satuan kerja, sistem koordinat, serta *level* yang merepresentasikan elevasi dasar dan elevasi permukaan *pile cap*. Pengaturan ini bertujuan untuk memastikan kesesuaian posisi dan elevasi elemen terhadap sistem koordinat proyek secara keseluruhan. Selanjutnya dibuat *family* baru dengan kategori *Structural Foundation* agar elemen yang dimodelkan terdefinisi sebagai elemen struktural. Pada tahap ini, lintasan (*path*) *sweep* ditentukan terlebih dahulu sesuai dengan kontur atau bentuk rencana *pile cap*.

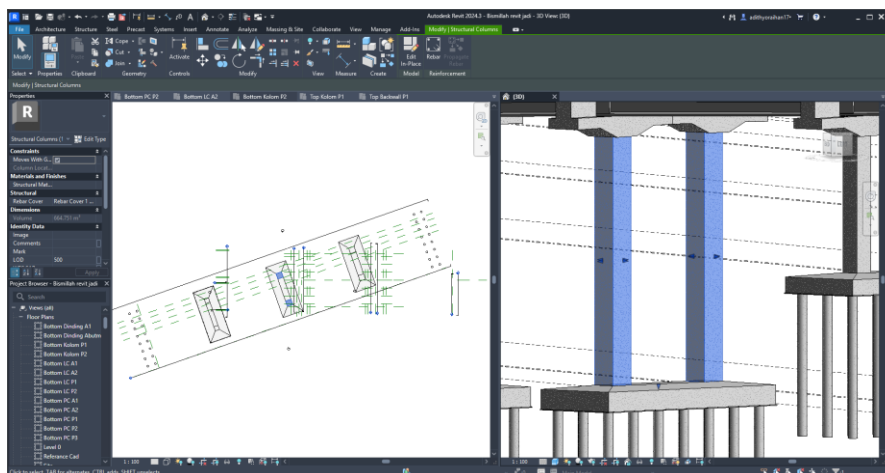
Tahap berikutnya adalah pembuatan profil penampang *pile cap* yang menggambarkan ketebalan dan bentuk elemen struktur. Profil tersebut kemudian disapu sepanjang lintasan (*path*) menggunakan fitur *Sweep* hingga terbentuk geometri tiga dimensi yang utuh. Setelah geometri terbentuk, dilakukan pengaturan material dan parameter struktural sesuai dengan spesifikasi desain. *Family* yang telah selesai dimodelkan selanjutnya dimuat ke dalam *project* dan ditempatkan secara tepat terhadap posisi *bore pile* dan *pier*. Tahap akhir meliputi pemeriksaan kesesuaian dimensi, elevasi, serta koordinasi geometrik dengan elemen struktur lainnya guna memastikan model *pile cap* yang dihasilkan akurat dan konsisten. Proses dan hasil pemodelan *pile cap* tersebut ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Pemodelan Pilecap

Pemodelan Pilar

Tahap selanjutnya adalah pemodelan pilar dengan memanfaatkan fitur *Model In-Place* menggunakan metode *Swept Blend* pada Autodesk Revit. Proses pemodelan diawali dengan pembuatan *family* baru menggunakan kategori *Structural Column* atau *Structural Foundation*, disesuaikan dengan fungsi pilar dalam sistem struktur jembatan. Pada tahap ini, lintasan pilar (*path*) ditentukan terlebih dahulu, yang umumnya berupa garis vertikal atau mengikuti geometri tertentu sesuai dengan desain perencanaan. Tahap berikutnya meliputi pembuatan profil penampang pilar yang merepresentasikan perubahan dimensi atau bentuk dari bagian bawah hingga bagian atas pilar. Profil-profil tersebut kemudian dihubungkan sepanjang lintasan menggunakan fitur *Swept Blend* sehingga terbentuk geometri pilar yang kontinu dan representatif. Setelah geometri pilar terbentuk, dilakukan pengaturan material dan parameter struktural sesuai dengan spesifikasi perencanaan. *Family* yang telah selesai dimodelkan selanjutnya dimuat ke dalam *project* dan ditempatkan pada posisi yang telah ditentukan. Tahap akhir pemodelan pilar mencakup pemeriksaan kesesuaian dimensi, elevasi, serta koordinasi geometrik dengan elemen struktur lainnya untuk memastikan model pilar yang dihasilkan akurat dan konsisten. Proses dan hasil pemodelan pilar tersebut ditunjukkan pada Gambar 8.

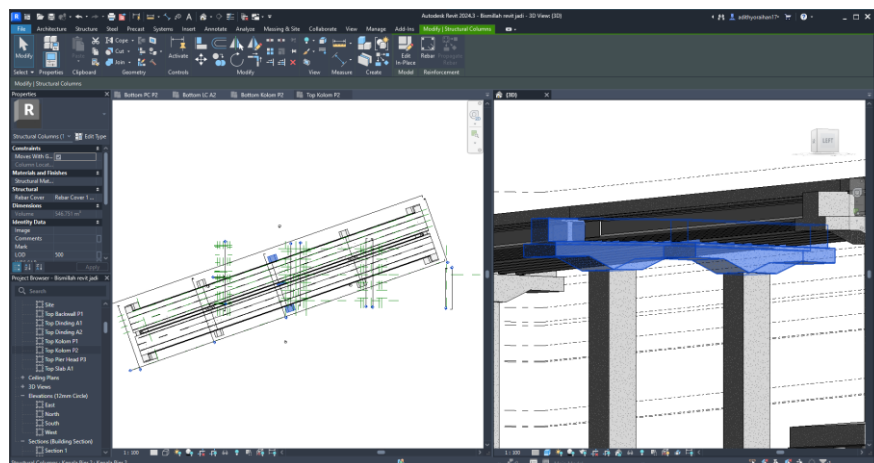


Gambar 8. Pemodelan Pilar

Pemodelan Pier Head

Tahap berikutnya adalah pemodelan *pier head* dengan memanfaatkan fitur *Model In-Place* menggunakan metode *Sweep*. Proses diawali dengan pembuatan *family* baru menggunakan kategori *Structural Framing* atau *Structural Foundation* sesuai dengan fungsi elemen dalam sistem struktur jembatan. Pada tahap ini ditentukan lintasan (*path*) *sweep* yang merepresentasikan arah memanjang *pier head*, yang umumnya sejajar dengan sumbu jembatan atau mengikuti geometri bentang. Tahap selanjutnya meliputi pembuatan profil penampang *pier head* yang menggambarkan bentuk dan dimensi balok kepala pilar sesuai dengan desain perencanaan.

Profil tersebut kemudian disapu sepanjang lintasan menggunakan fitur *Sweep* hingga membentuk geometri tiga dimensi yang utuh. Setelah geometri terbentuk, dilakukan pengaturan material dan parameter struktural sesuai dengan spesifikasi perencanaan. *Family* selanjutnya dimuat ke dalam *project* dan ditempatkan pada posisi yang tepat terhadap pilar dan struktur atas. Tahap akhir pemodelan mencakup pemeriksaan kesesuaian dimensi, elevasi, serta koordinasi geometrik dengan elemen struktur lainnya guna memastikan model *pier head* yang dihasilkan akurat dan konsisten, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 9.



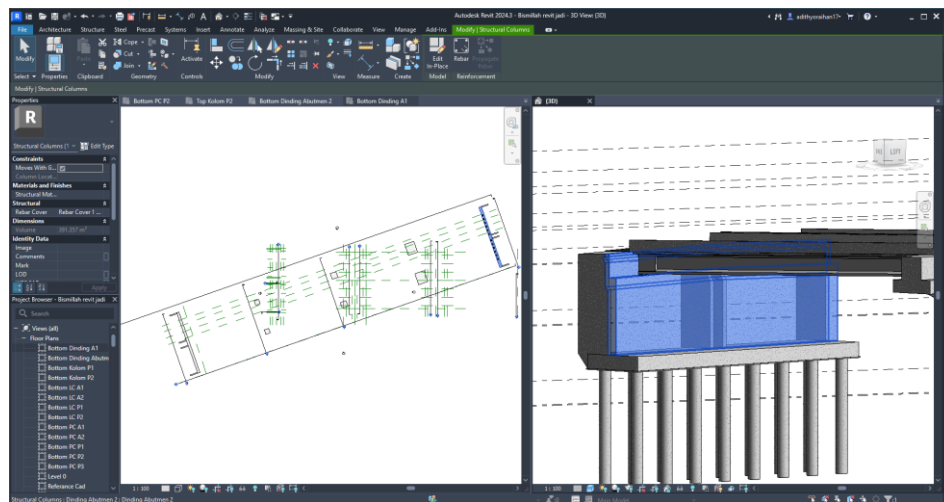
Gambar 9. Pemodelan *Pier Head*

Pemodelan *Abutment*

Tahap berikutnya adalah pemodelan *abutment* menggunakan fitur *Model In-Place* dengan metode *Swept Blend*. Proses diawali dengan pembuatan *family* baru menggunakan kategori *Structural Foundation*, mengingat *abutment* berfungsi sebagai struktur penahan tanah sekaligus penumpu struktur atas jembatan. Pada tahap awal ini ditentukan lintasan (*path*) *abutment* yang disesuaikan dengan rencana desain geometrik. Tahap selanjutnya meliputi pembuatan dua atau lebih profil penampang *abutment* yang merepresentasikan perubahan bentuk dan dimensi dari bagian bawah hingga bagian atas, seperti variasi lebar dan kemiringan dinding.

Profil-profil tersebut kemudian dihubungkan melalui lintasan menggunakan fitur *Swept Blend* sehingga terbentuk geometri *abutment* yang kontinu dan representatif terhadap kondisi desain. Setelah geometri terbentuk, dilakukan pengaturan material dan parameter struktural sesuai dengan spesifikasi perencanaan. *Family* selanjutnya dimuat ke dalam *project* dan ditempatkan pada posisi yang tepat terhadap elemen struktur terkait. Tahap akhir pemodelan mencakup pemeriksaan kesesuaian dimensi, elevasi, serta koordinasi geometrik dengan elemen struktur

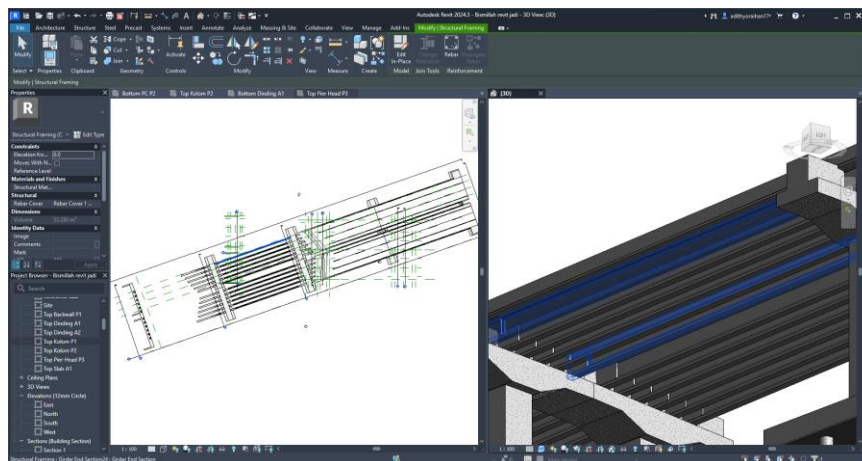
lainnya guna memastikan model *abutment* yang dihasilkan akurat dan konsisten, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Pemodelan *Abutment*

Pemodelan *Girder*

Tahap selanjutnya adalah pemodelan *girder* menggunakan fitur *Model In-Place* dengan metode *Sweep*. Proses diawali dengan pembuatan *family* baru menggunakan kategori *Structural Framing*, mengingat *girder* berfungsi sebagai elemen utama pemikul beban pada struktur atas jembatan. Pada tahap ini ditentukan lintasan (*path*) *sweep* yang menggambarkan arah memanjang *girder* sesuai dengan konfigurasi dan desain geometrik jembatan. Tahap berikutnya meliputi pembuatan profil penampang *girder* yang merepresentasikan bentuk dan dimensi sesuai dengan spesifikasi perencanaan. Profil tersebut kemudian disapu sepanjang lintasan menggunakan fitur *Sweep* hingga membentuk geometri tiga dimensi yang utuh dan kontinu. Setelah geometri terbentuk, dilakukan pengaturan material dan parameter struktural sesuai ketentuan desain. *Family* selanjutnya dimuat ke dalam *project* dan ditempatkan secara presisi di atas *pier* dan *abutment*. Tahap akhir mencakup pemeriksaan kesesuaian dimensi, elevasi, serta koordinasi dengan elemen struktur lainnya guna memastikan model *girder* yang dihasilkan akurat dan konsisten, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 11.

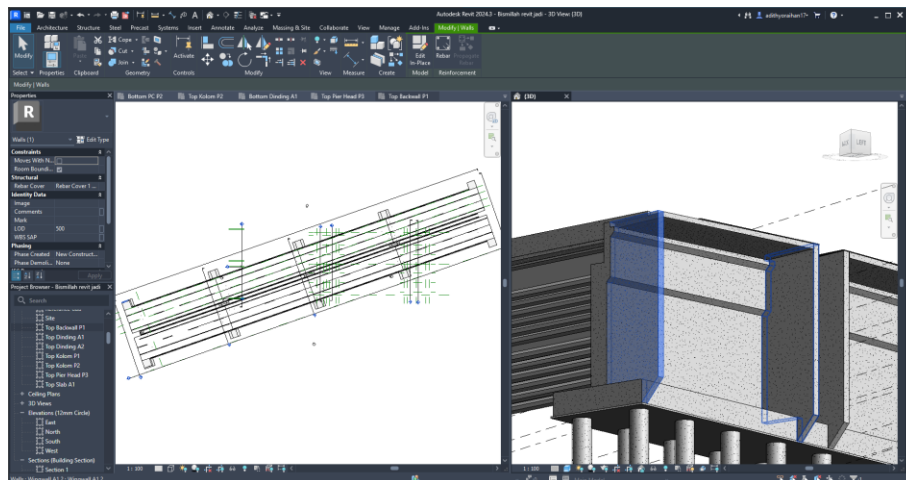


Gambar 11. Pemodelan *Girder*

Pemodelan Wingwall

Tahap selanjutnya adalah pemodelan *wing wall* dengan memanfaatkan fitur *Model In-Place* menggunakan metode *Sweep*. Proses diawali dengan pembuatan *family* baru menggunakan kategori *Structural Foundation*, mengingat *wing wall* berfungsi sebagai struktur penahan tanah yang terintegrasi secara langsung dengan *abutment*. Pada tahap ini ditentukan lintasan (*path*) *sweep* yang merepresentasikan arah memanjang dan sudut kemiringan *wing wall* sesuai dengan konfigurasi geometrik rencana. Tahap berikutnya meliputi pembuatan profil penampang *wing wall* yang menggambarkan bentuk serta ketebalan dinding sesuai spesifikasi perencanaan.

Profil tersebut kemudian disapu sepanjang lintasan menggunakan fitur *Sweep* hingga membentuk geometri tiga dimensi yang kontinu dan representatif terhadap kondisi desain. Setelah geometri terbentuk, dilakukan pengaturan material dan parameter struktural sesuai spesifikasi teknis. *Family* selanjutnya dimuat ke dalam *project* dan ditempatkan secara presisi terhadap *abutment*. Tahap akhir mencakup pemeriksaan kesesuaian dimensi, elevasi, serta koordinasi dengan elemen struktur lainnya guna memastikan model *wing wall* yang dihasilkan akurat dan konsisten, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 12.



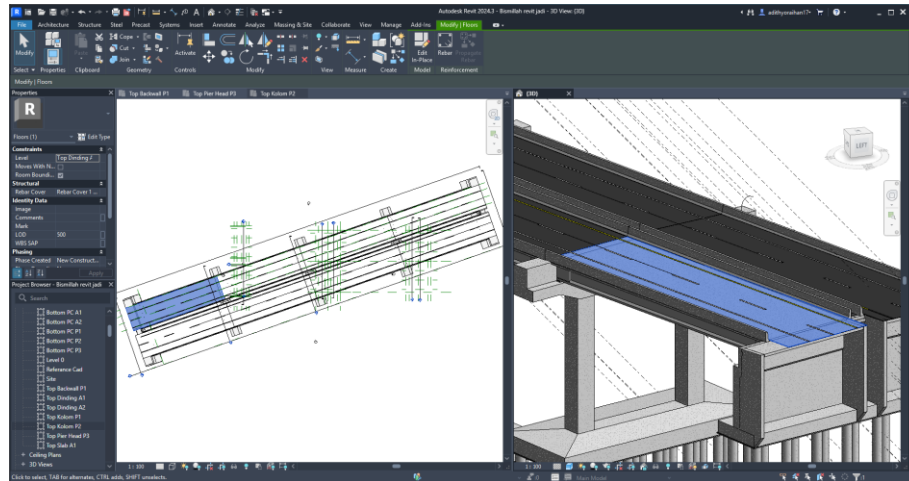
Gambar 12. Pemodelan *Wingwall*

Pemodelan Pelat Jembatan

Tahap terakhir dalam proses pemodelan struktur Jembatan Paiton 3 adalah pemodelan pelat lantai jembatan dengan memanfaatkan fitur *Model In-Place* menggunakan metode *Swept Blend*. Pada tahap awal, dibuat *family* baru dengan kategori *Structural Floor* atau *Structural Framing*, sesuai dengan pendekatan pemodelan yang diterapkan. Selanjutnya ditentukan lintasan (*path*) *swept blend* yang mengikuti sumbu memanjang jembatan sesuai dengan geometri rencana dan kondisi trase, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 13.

Tahap berikutnya meliputi pembuatan dua atau lebih profil penampang pelat lantai yang merepresentasikan variasi ketebalan maupun bentuk pelat pada lokasi tertentu, seperti pada daerah tumpuan dan bagian tengah bentang. Profil-profil tersebut kemudian dihubungkan sepanjang lintasan menggunakan fitur *Swept Blend* sehingga membentuk geometri pelat tiga dimensi yang kontinu dan realistis. Setelah geometri terbentuk, dilakukan pengaturan material serta parameter struktural sesuai dengan spesifikasi perencanaan, kemudian elemen tersebut dimuat dan dikoordinasikan ke dalam model struktur jembatan secara keseluruhan. Tahap akhir

mencakup pemeriksaan kesesuaian dimensi, elevasi, serta keterpaduan dengan elemen struktur lainnya untuk memastikan bahwa model pelat lantai jembatan yang dihasilkan akurat, konsisten, dan sesuai dengan kebutuhan perencanaan.



Gambar 13. Pemodelan Pelat Jembatan

Pembahasan

Hasil pemodelan menunjukkan bahwa seluruh elemen struktur jembatan, meliputi pondasi *borepile*, *pilecap*, pilar, *pier head*, *abutment*, girder, dan pelat jembatan, dapat direpresentasikan secara akurat menggunakan Autodesk Revit melalui pendekatan *Model In-Place* dengan metode *Extrusion*, *Sweep*, dan *Swept Blend*. Model yang dihasilkan mampu menggambarkan geometri aktual sesuai shop drawing, mendukung integrasi antarelemen, serta menyediakan visualisasi tiga dimensi yang komprehensif.

Meskipun demikian, proses pemodelan menghadapi beberapa kendala, seperti kompleksitas geometri struktur, keterbatasan fleksibilitas *Model In-Place*, ketelitian tinggi yang dibutuhkan dalam pengaturan elevasi dan *slope*, potensi benturan antarelemen, serta menurunnya kinerja perangkat lunak pada model berukuran besar. Untuk mengatasi kendala tersebut, diperlukan strategi teknis seperti penggunaan *grid* dan *reference plane* yang presisi, pembuatan sketsa bertahap sebelum finalisasi, penerapan kombinasi *Void* dan *reference plane* dalam membentuk *slope*, pemeriksaan rutin menggunakan *clash detection*, serta pengelolaan *file* dan detail level yang optimal. Dengan penerapan solusi tersebut, pemodelan BIM 3D dapat dilakukan secara lebih efektif dan menghasilkan model digital yang valid untuk analisis, koordinasi desain, serta penyusunan dokumen teknis pada proyek jembatan. Berikut disajikan tabel perbandingan mengenai metode yang digunakan.

Tabel 1. Perbandingan Pemodelan Jembatan

Komponen Jembatan	Metode Revit	Fungsi / Alasan Penggunaan Metode	Ringkasan Output Model
<i>Borepile</i>	<i>Extrusion</i>	Membentuk geometri dengan ketebalan konstan dan sesuai untuk <i>borepile</i> yang hanya membutuhkan profil dasar kemudian diekstrusi secara vertikal.	<i>Borepile</i> berbentuk solid dengan dimensi tepat sesuai gambar rencana.
<i>Pilecap</i>	<i>Sweep</i>	Menghasilkan bentuk memanjang dengan penampang tetap dan cocok untuk struktur yang mengikuti satu lintasan longitudinal.	<i>Pilecap</i> terbentuk otomatis mengikuti path dengan profil sesuai shop drawing.
Pilar	<i>Swept Blend</i>	<i>Swept Blend</i> mendukung prinsip menekankan ketelitian geometris. Perubahan dimensi atau bentuk pada salah satu pilar dapat secara otomatis memengaruhi keseluruhan model, sehingga konsistensi desain tetap terjaga	Pilar terbentuk otomatis mengikuti path dengan profil sesuai shop drawing.
<i>Pier Head</i>	<i>Sweep</i>	<i>Pier Head</i> memiliki profil tetap dan memanjang mengikuti <i>alignment</i> dan <i>Sweep</i> memungkinkan profil digeser sepanjang jalur.	<i>Pier Head</i> memanjang dengan bentuk penampang konsisten sesuai desain teknis.
<i>Abutment</i>	<i>Swept Blend</i>	Membentuk geometri yang berubah dari profil awal ke profil akhir dan cocok untuk <i>abutment</i> yang memiliki perubahan bentuk antara bawah–atas.	<i>Abutment</i> memiliki transisi mulus antara dua penampang dengan akurasi tinggi.
<i>Girder</i>	<i>Sweep</i>	<i>Girder</i> memiliki profil tetap dan memanjang mengikuti <i>alignment</i> dan <i>Sweep</i> memungkinkan profil digeser sepanjang jalur.	<i>Girder</i> memanjang dengan bentuk penampang konsisten sesuai desain teknis.

Wingwall	Sweep	Wingwall memiliki profil tetap dan memanjang mengikuti <i>alignment</i> dan <i>Sweep</i> memungkinkan profil digeser sepanjang jalur.	Wingwall memanjang dengan bentuk penampang konsisten sesuai desain teknis.
Pelat Jembatan	Swept Blend	<i>Swept blend</i> memungkinkan pemodelan pelat jembatan dengan dua atau lebih profil yang berbeda, yang dihubungkan melalui suatu lintasan sesuai dengan geometri sumbu jembatan. <i>Swept blend</i> juga memungkinkan perubahan desain pada profil penampang langsung memengaruhi keseluruhan model secara otomatis	Pelat Jembatan memiliki ketebalan yang berbeda di daerah tumpuan dan bentang sehingga dapat dibuat dengan konsisten sesuai desain teknis.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan mengenai penerapan *Building Information Modeling* (BIM) 3D dalam pemodelan struktur Jembatan Paiton 3 menggunakan Autodesk Revit, dapat disimpulkan bahwa pemodelan berbasis BIM mampu menghasilkan representasi struktur jembatan yang akurat, terkoordinasi, dan sesuai dengan geometri desain perencanaan. Model tiga dimensi yang terintegrasi memberikan peningkatan yang signifikan terhadap kualitas visualisasi serta keterpaduan informasi antar elemen struktur, sehingga proses perencanaan dapat dilakukan secara lebih sistematis dan efektif dibandingkan dengan pendekatan konvensional berbasis gambar dua dimensi.

Selama proses pemodelan, beberapa tantangan yang dihadapi meliputi kompleksitas geometri struktur, kebutuhan ketelitian tinggi dalam penentuan elevasi, serta potensi terjadinya konflik antar elemen struktur. Tantangan tersebut dapat diatasi melalui penerapan strategi pemodelan yang tepat, seperti pengaturan *grid* dan *level* secara presisi, pemanfaatan *reference plane* sebagai acuan, penyusunan tahapan pemodelan yang terstruktur, serta pelaksanaan pemeriksaan model secara berkala. Hal ini menunjukkan bahwa BIM 3D tidak hanya berfungsi sebagai media visualisasi, tetapi juga sebagai alat bantu evaluasi dan pengendalian kualitas desain pada tahap perencanaan.

Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan karena penerapan BIM dibatasi pada tahap perencanaan struktur dan belum terintegrasi dengan analisis struktur maupun pengembangan ke dimensi BIM lanjutan, seperti 4D dan 5D. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan integrasi BIM dengan analisis struktur serta memperluas objek kajian pada berbagai tipe jembatan dan tahapan proyek, sehingga pemanfaatan

BIM dalam mendukung perencanaan infrastruktur transportasi yang modern, efisien, dan berkelanjutan dapat dikaji secara lebih komprehensif.

Daftar Pustaka

- Azhar, S. (2011). *Building Information Modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. Leadership and Management in Engineering*, 11(3), 241–252. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127)
- Bryde, D., Broquetas, M., & Volm, J. M. (2013). *The project benefits of Building Information Modelling (BIM). International Journal of Project Management*, 31(7), 971–980. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.12.001>
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2018). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Sugiyono. (2016). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Kartiasih, F. (2019). Pengaruh pembangunan infrastruktur terhadap pertumbuhan ekonomi di Indonesia. *Jurnal Ekonomi dan Kebijakan Publik*, 10(1), 1–14.
- Rehman, A. U., Thaheem, M. J., Nasir, A. R., & Khan, K. I. A. (2021). *Role of Building Information Modeling in construction project management. Journal of Engineering, Design and Technology*, 19(1), 1–18. <https://doi.org/10.1108/JEDT-10-2019-0270>
- Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., & Teicholz, P. (2018). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers* (3rd ed.). Wiley.
- Succar, B. (2009). *Building Information Modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction*, 18(3), 357–375. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>
- Volk, R., Stengel, J., & Schultmann, F. (2014). *Building Information Modeling (BIM) for existing buildings—Literature review and future needs. Automation in Construction*, 38, 109–127. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.023>
- World Bank. (2020). *Indonesia infrastructure sector assessment*. World Bank Publications.