



Implementasi *Building Information Modeling* (BIM) dalam Penjadwalan dan Estimasi Biaya pada Proyek Pembangunan *Workshop* Struktur Baja

Mierwahfi Rosidi Putra, Agung Sakti Meldian

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Dian Nusantara

521221030@mahasiswa.undira.ac.id

Abstrak

Proyek workshop struktur baja memerlukan keterpaduan informasi geometris, waktu, kuantitas, dan biaya agar proses perencanaan dapat dilakukan secara terstruktur. Penelitian ini bertujuan mengkaji implementasi *Building Information Modeling* (BIM) 3D, 4D, dan 5D pada proyek pembangunan *Workshop* Struktur Baja Penstock PT. Kerinci Merangin Hydro di Bukaka Industrial Estate. Penelitian menggunakan pendekatan *design research* dengan studi kasus. Data penelitian berupa gambar perencanaan, detail sambungan, spesifikasi material, standar implementasi BIM, Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP), serta Standar Harga Satuan (SHS). Pemodelan 3D dilakukan menggunakan perangkat lunak Tekla Structures berdasarkan DED dan spesifikasi teknis. Model kemudian digunakan sebagai dasar penyusunan penjadwalan 4D melalui fitur task, pemberian durasi, hubungan antar aktivitas, dan penyelarasan elemen model dengan aktivitas pekerjaan. Pada tahap 5D, data *Quantity Take-Off* (QTO) diekstraksi dari model menggunakan *drawing & reports* dan *project organizer*, kemudian direkapitulasi menggunakan Microsoft Excel dan dikaitkan dengan AHSP serta SHS untuk menghasilkan Rencana Anggaran Biaya (RAB). Hasil penelitian menunjukkan bahwa model 3D yang dihasilkan memiliki tingkat kedetailan LOD 300–350 dan mencakup struktur bawah, struktur beton, struktur baja, sambungan, runway overhead crane, purlin, bracing, tali angin, cladding, dan penutup atap. Penerapan BIM 4D menghasilkan *Schedule Gantt Chart* terintegrasi dengan durasi 104 hari atau 14 minggu dan dapat divisualisasikan melalui fitur *Project Status Visualization*. Pada BIM 5D, model menghasilkan data kuantitas yang digunakan dalam penyusunan RAB dengan estimasi biaya sebesar Rp8.306.059.205,50. Temuan penelitian menunjukkan bahwa integrasi BIM 3D, 4D, dan 5D dapat diterapkan secara berkesinambungan pada workshop struktur baja, dengan keterbatasan pada beberapa pekerjaan yang tidak dapat dimodelkan secara optimal oleh perangkat lunak Tekla Structures.

Kata kunci: BIM 5D, *Workshop* Struktur Baja, Tekla Structures, Penjadwalan Proyek, Estimasi Biaya

Abstract

Steel structure workshop projects require the integration of geometric, time, quantity, and cost information to ensure a structured planning process. This study aims to examine the implementation of *Building Information Modeling* (BIM) 3D, 4D, and 5D in the construction project of the Penstock Steel Structure Workshop of PT. Kerinci Merangin Hydro at Bukaka Industrial Estate. The research employed a design research approach with a case study method. The research data consisted of planning drawings, connection details, material specifications, BIM implementation standards, Unit Price Analysis (AHSP), and Standard Unit Prices (SHS). The 3D modeling process was carried out using Tekla Structures based on the Detailed Engineering Design (DED) and technical specifications. The resulting model was then used as the basis for developing the 4D schedule through task creation, duration assignment, activity relationships, and the alignment of model elements with construction activities. In the 5D stage, *Quantity Take-Off* (QTO) data were extracted from the model using the *Drawings & Reports* and *Project Organizer* features, then summarized using Microsoft Excel and linked to AHSP and SHS to develop the Cost Estimate (RAB). The results indicate that the 3D model achieved a Level of Development (LOD) of 300–350 and included the substructure, concrete structure, steel structure, connections, overhead crane runway, purlins, bracing, wind ties, cladding, and roof covering. The implementation of BIM 4D produced an integrated *Gantt Chart* schedule with a total duration of 104 days or 14 weeks, which could be visualized using the *Project Status Visualization* feature. In the BIM 5D stage, the model generated quantity data that were used to prepare the Cost Estimate, resulting in an estimated project cost of IDR 8,306,059,205.50. The findings demonstrate that the integration of BIM 3D, 4D, and 5D can be implemented continuously in steel structure workshop projects, although limitations remain for several construction activities that cannot be optimally modeled using Tekla Structures.

Keywords: BIM 5D, Steel Structure Workshop, Tekla Structures, Project Scheduling, Cost Estimation

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri konstruksi saat ini menuntut penerapan metode perencanaan dan pengelolaan proyek yang lebih efisien, terintegrasi, dan berbasis teknologi digital. Proyek konstruksi tidak hanya dituntut untuk menghasilkan bangunan yang aman dan fungsional, tetapi juga harus dibangun dengan target waktu yang sesuai dan biaya yang optimal. Saat ini masih banyak proyek konstruksi yang dilakukan di Indonesia menggunakan metode konvensional berbasis gambar dua dimensi (2D), di mana proses perencanaan desain, penjadwalan, dan estimasi biaya dilakukan secara terpisah. Metode seperti itu sering menimbulkan berbagai permasalahan seperti kesalahan koordinasi antar disiplin, ketidaksesuaian volume pekerjaan, keterlambatan pelaksanaan, serta pembengkakan biaya proyek (Azhar, 2011).

Seiring dengan kemajuan teknologi informasi, *Building Information Modeling* (BIM) berkembang sebagai pendekatan baru dalam industri konstruksi. BIM merupakan suatu proses pembuatan dan pengelolaan model digital yang berisi informasi fisik dan fungsional suatu bangunan sepanjang siklus hidup proyek, mulai dari tahap perencanaan hingga operasi dan pemeliharaan (Eastman, 2011). Implementasi BIM pada proyek konstruksi dapat menjadi solusi untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan proyek konstruksi. BIM memungkinkan model tiga dimensi diintegrasikan dengan data waktu dan data volume sehingga proses simulasi pelaksanaan proyek, perhitungan volume pekerjaan, dan estimasi biaya dapat dilakukan secara lebih cepat dan akurat. BIM merupakan pendekatan kolaboratif yang mampu meningkatkan kualitas pengambilan keputusan dalam proyek konstruksi melalui integrasi data secara digital (Succar, 2009).

Proyek pembangunan *workshop* struktur baja penstock PT. Kerinci Merangin Hidro dipilih sebagai objek penelitian karena *workshop* tersebut akan dipindahkan dari lokasi proyek di Jambi menuju kawasan *Bukaka Industrial Estate*. Proses pemindahan *workshop* memerlukan perencanaan ulang, khususnya pada aspek penjadwalan pelaksanaan dan estimasi biaya pemasangan. Penerapan konsep BIM dilakukan menggunakan perangkat lunak pemodelan dan pengolahan data yaitu *Tekla Structure & Microsoft Excel* untuk mendukung proses perencanaan proyek. Metode penelitian yang digunakan mengacu pada konsep BIM 5D yang dimana Penerapan BIM 5D dinilai mampu meningkatkan akurasi perhitungan kuantitas pekerjaan, efektivitas pengendalian waktu, serta efisiensi dalam proses estimasi biaya proyek konstruksi (Chuck Eastman, 2018).

Tujuan penelitian adalah menghasilkan model BIM 3D *workshop* struktur baja, menyusun penjadwalan BIM 4D yang terintegrasi dengan model, serta menghasilkan *Quantity Take-Off* dan estimasi biaya BIM 5D berdasarkan data model, AHSP, dan SHS. Kebaruan penelitian terletak pada penerapan berkesinambungan ketiga dimensi tersebut pada proyek *workshop* struktur baja penstock, sekaligus mengidentifikasi keterbatasan jenis pekerjaan yang dapat direpresentasikan dan diekstraksi oleh *Tekla Structures*.

1.2 Tinjauan Pustaka

Proyek konstruksi merupakan serangkaian kegiatan yang bertujuan menghasilkan suatu bangunan atau infrastruktur dengan batasan waktu, biaya, mutu, dan sumber daya tertentu (Ervianto, 2015). Proyek konstruksi melibatkan berbagai pihak yaitu pemilik proyek, konsultan perencana, konsultan pengawas, kontraktor, dan pemasok material yang harus bekerja secara terintegrasi dalam pelaksanaannya. Proyek konstruksi merupakan suatu sistem yang terdiri dari berbagai aktivitas dan pemangku kepentingan yang saling berhubungan untuk mencapai sasaran proyek (Sacks, Lee, Eastman, Teicholz, & Liston, 2021). Keberhasilan proyek konstruksi umumnya diukur berdasarkan pencapaian target waktu, biaya, dan mutu.

Manajemen proyek konstruksi merupakan suatu proses yang bertujuan untuk mengelola seluruh sumber daya proyek secara efektif dan efisien. Manajemen konstruksi bertujuan untuk mengelola setiap tahap proyek yaitu perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan, dan pengawasan, agar mencapai hasil yang optimal dalam hal waktu, biaya, dan mutu (Pratiwi, Abduh, & Yunus, 2026). Selain manajemen proyek ada juga rencana anggaran biaya yang merupakan dokumen penting dalam proyek konstruksi yang berfungsi sebagai pedoman biaya agar pelaksanaan sesuai rencana (Saputra, Munardy, & Hanif, 2025).

Dalam pembuatan rencana anggaran biaya diperlukan data analisa harga satuan pekerjaan dan volume yang didapatkan dari *quantity take-off*. Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) adalah perhitungan kebutuhan biaya

tenaga kerja, bahan dan peralatan untuk mendapatkan harga satuan untuk satu jenis pekerjaan tertentu (Direktorat Jenderal Bina Konstruksi, 2026). *Quantity take-off* adalah suatu pengukuran kuantitas material dalam suatu proyek konstruksi secara detail dengan beberapa metode (Magfirona, Amar, & Failasufa, 2023).

Building Information Modeling (BIM) adalah metodologi, proses, dan *platform* teknologi digital yang merevolusi tata cara perencanaan serta pengelolaan informasi di industri konstruksi global. Building Information Modeling (BIM) bukan sekadar aplikasi atau perangkat lunak, melainkan sebuah perubahan budaya kerja dan proses komunikasi (Hardin & McCool, 2015). Menurut (Kusumartono, et al., 2018) tingkat kematangan BIM memiliki beberapa tingkat yaitu level 0 BIM, level 1 BIM, level 2 BIM, dan level 3 BIM. Selain tingkat kematangan, BIM juga memiliki ruang lingkup keterlibatan dalam proyek konstruksi mulai dari BIM 3D, 4D, 5D, 6D dan 7D (Pratama & Marzuki, 2023).

Level of Development mendefinisikan tingkat presisi elemen 3D dan jumlah informasi yang terkandung dalam setiap elemen (Hardin & McCool, 2015). Konsep LOD ini awalnya dikemukakan oleh *American Institute of Architect* (AIA) melalui dokumen E203 pada tahun 2013. LOD memiliki beberapa kategori yang merepresentasikan tingkat kematangan informasi yang dimiliki elemen model. Tingkat kematangan informasi tersebut adalah LOD 100, LOD 200, LOD 300, LOD 350 dan LOD 400. *Level of Information Need* merupakan standar yang dikeluarkan oleh ISO melalui dokumen ISO-19650. LOIN & LOD pada dasarnya memiliki definisi yang sama yaitu jumlah informasi yang terkandung dalam setiap elemen model. *Level of information need* dari setiap produk informasi harus ditentukan sesuai dengan tujuannya (ISO, 2018).

2. Metode Penelitian

2.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian perancangan (*design research*) dengan pendekatan studi kasus. Penelitian perancangan dipilih karena penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan, mengimplementasikan, dan mengevaluasi suatu solusi berbasis teknologi guna memecahkan masalah praktis di dunia konstruksi, yaitu ketidakakuratan dan inefisiensi dalam penjadwalan dan estimasi biaya proyek struktur baja. Pendekatan studi kasus digunakan karena penelitian ini berfokus pada objek spesifik, yaitu proyek pembangunan *workshop* struktur baja *Penstock* PT. Kerinci Merangin Hydro. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk menggali secara mendalam implementasi BIM 5D pada satu proyek nyata dengan karakteristik, kendala, dan kebutuhan yang spesifik. Hasil penelitian tidak bertujuan untuk menggeneralisasi seluruh proyek konstruksi, tetapi memberikan gambaran konkret penerapan BIM 5D pada proyek struktur baja yang dapat menjadi referensi bagi proyek sejenis.

2.2 Lokasi, Objek & Data Penelitian

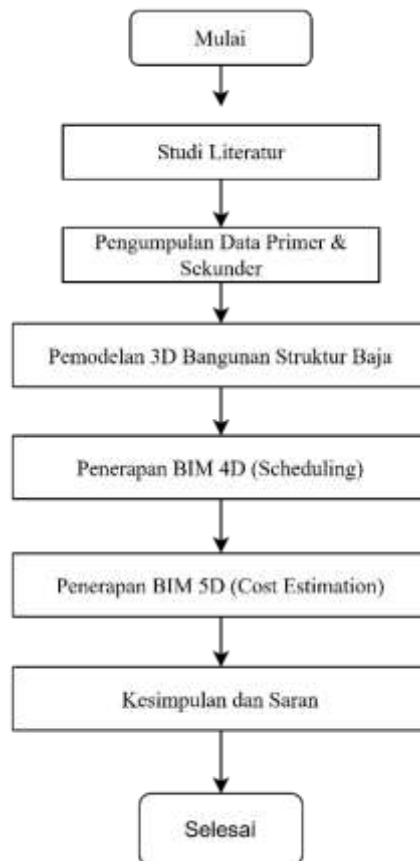
Lokasi penelitian ini di kawasan *Bukaka Industrial Estate*, yang merupakan lokasi tujuan pemindahan *workshop* penstock dari lokasi proyek PT. Kerinci Merangin Hydro di Jambi. Objek penelitian ini merupakan bangunan *workshop* struktur baja milik PT. Kerinci Merangin Hydro yang akan dipindahkan dan dipasang kembali di kawasan *Bukaka Industrial Estate*. Struktur utama bangunan merupakan struktur baja dengan komponen-komponen seperti kolom baja, balok baja, rangka atap baja, gording, ikatan angin, dll. Data merupakan fondasi utama dalam penelitian karena kualitas dan ketepatannya memengaruhi validitas dan akurasi temuan (Muspawati, 2024). Data yang digunakan dalam penelitian ini terbagi menjadi dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer berupa gambar perencanaan, gambar detail, dan detail spesifikasi material sedangkan data sekunder berupa standar penerapan BIM, standar harga, standar analisa harga satuan pekerjaan dan jurnal atau buku terkait.

2.3 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap untuk mendapatkan hasil yang optimal dalam penyelesaian tugas akhir ini dengan setiap tahapan memiliki kesinambungan. Tahapan penelitian disusun secara sistematis untuk memastikan implementasi BIM 5D berjalan sesuai konsep. Tahap awal penelitian ini adalah studi literatur terhadap penelitian-penelitian sebelumnya yang serupa agar tidak terjadi plagiasi dengan penelitian sebelumnya. Mengidentifikasi permasalahan pada proyek *workshop* struktur baja terutama pada aspek perhitungan volume, penjadwalan dan estimasi biaya. Setelah melakukan studi literatur dan indentifikasi masalah, maka tahap selanjutnya adalah pengumpulan data. Data yang digunakan terbagi menjadi dua yaitu data primer dan data

sekunder. Data primer meliputi gambar desain dan spesifikasi teknis yang didapatkan secara langsung dari sumber, lalu ada data sekunder yang digunakan sebagai data pendukung dalam penelitian ini.

Setelah tahap-tahap awal sudah dilakukan maka tahap selanjutnya adalah Proses pemodelan 3D bangunan dilakukan berdasarkan data gambar desain dan spesifikasi teknis bangunan *workshop* struktur baja menggunakan perangkat lunak BIM *Tekla Structures*. Sama seperti pemodelan 3D, proses penjadwalan pekerjaan juga menggunakan perangkat lunak *Tekla Structures* dengan menggunakan fitur *task* dari *Tekla Structures*. Lalu ada proses *Quantity take-off* dilakukan setelah model 3D struktur baja sudah selesai dimodelkan semua. Proses ini tidak hanya menggunakan *Tekla Structure* tetapi dibantu dengan *Microsoft Excel*. Penyusunan rencana anggaran biaya dilakukan menggunakan *Microsoft Excel* dengan data-data tambahan yang sudah didapat pada proses sebelumnya.



Gambar 1. Diagram alur penelitian

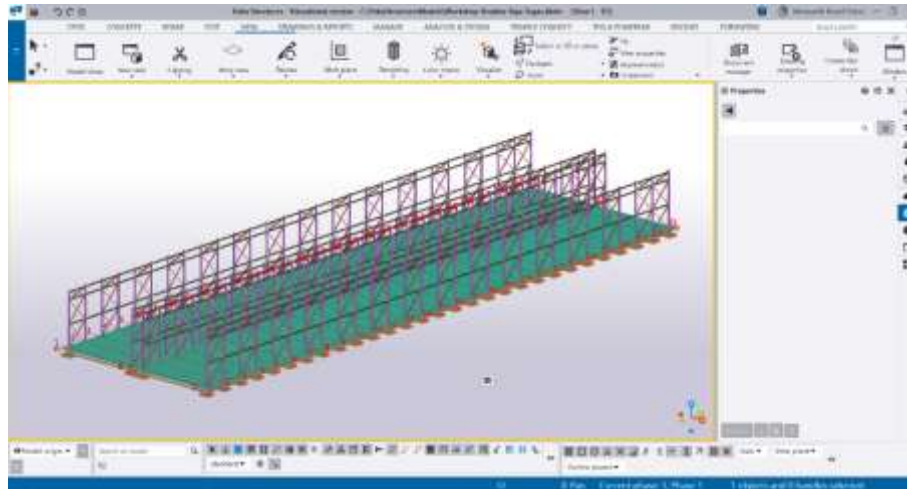
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil dan Pembahasan Penerapan BIM 3D

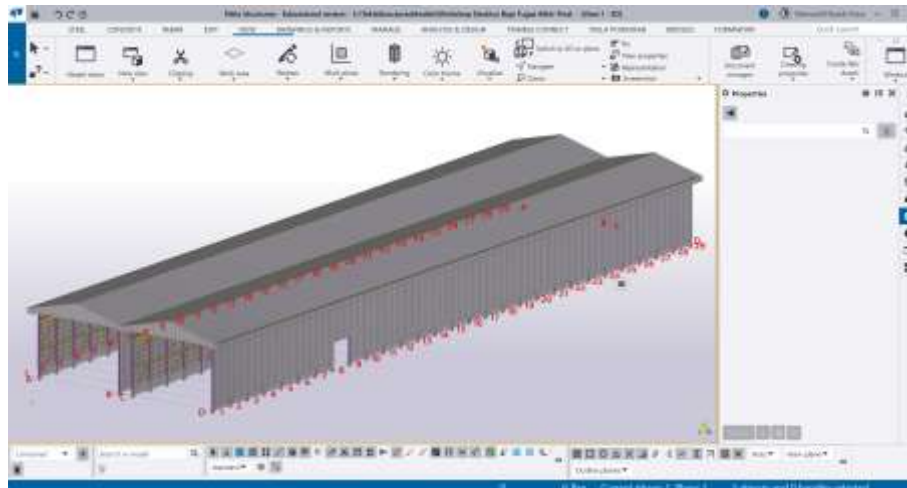
Pemodelan 3D dilakukan secara bertahap berdasarkan grid dan koordinat pada DED. Pemodelan dimulai dari elemen struktur bawah, dilanjutkan dengan pedestal dan tie beam, pelat lantai, kolom dan balok baja, *rafter*, *runway overhead crane*, *purlin*, *bracing*, tali angin, rangka *cladding*, serta penutup atap. Setiap elemen diberikan informasi geometris dan atribut sesuai kebutuhan model. Hasil akhir menunjukkan bahwa model berada pada rentang LOD 300–350. Tingkat tersebut menunjukkan bahwa elemen utama telah memiliki geometri, ukuran, posisi, dan hubungan antarelemen yang cukup untuk mendukung koordinasi, penjadwalan, dan ekstraksi kuantitas.

Komponen struktur baja dapat dimodelkan secara lebih langsung karena *Tekla Structures* menyediakan objek dan fitur yang sesuai dengan karakteristik elemen baja. Sebaliknya, beberapa komponen arsitektural dan pekerjaan tanah tidak dapat direpresentasikan secara optimal. Dinding bata dimodelkan menggunakan fitur *concrete wall*,

sedangkan cladding dan penutup atap menggunakan fitur *plate*. Konsekuensinya, bentuk model pada komponen tersebut tidak sepenuhnya merepresentasikan bentuk aktual dan metode ekstraksi kuantitasnya berbeda dari komponen struktur yang dapat dihitung melalui laporan model.



Gambar 2. Proses pemodelan 3D struktur baja



Gambar 3. Hasil akhir pemodelan 3D

Temuan tersebut menunjukkan bahwa kemampuan BIM 3D pada penelitian ini tidak hanya ditentukan oleh ketersediaan data DED, tetapi juga oleh kesesuaian tipe objek dengan fitur perangkat lunak. Model yang berhasil dibangun menjadi sumber informasi untuk tahap berikutnya, sehingga elemen yang telah dimodelkan dapat digunakan kembali pada proses penjadwalan dan *Quantity Take-Off* tanpa membuat representasi geometris baru.

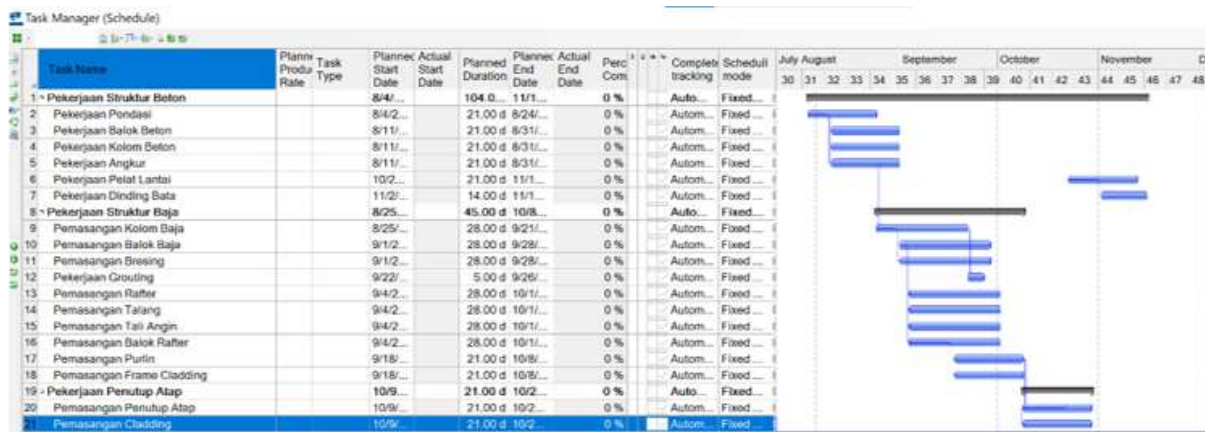
3.2 Hasil dan Pembahasan Penerapan BIM 4D

BIM 4D dikembangkan setelah model 3D selesai. Informasi waktu ditambahkan melalui fitur *Task* dengan membuat deskripsi pekerjaan, menentukan durasi, menyusun hubungan ketergantungan, dan menghubungkan elemen model dengan aktivitas yang sesuai. Durasi dihitung berdasarkan volume pekerjaan dan koefisien sumber daya dari AHSP. Sebagai contoh, pekerjaan pondasi memiliki volume 542,88 m³ dengan satu tim berjumlah 16 orang dan menghasilkan durasi 21 hari. Seluruh aktivitas yang dapat dikaitkan dengan model kemudian disusun menjadi *Schedule Gantt Chart*.

Tabel 1. Tabel perhitungan durasi pekerjaan

Jumlah tim (n) 1 tim
 Volume (V) 542,88 m³
 Durasi Pekerjaan Pondasi

No	Uraian	Sat.	Koefisien	Jumlah Pekerja	Produktivitas (Pr)	Durasi (Hari)
			A	B	(B / A * n)	(V / Pr)
1	Pekerja	OH	0,400	10,50	26	20,68
2	Tukang batu	OH	0,100	3,00	30	18,10
3	Kepala Tukang	OH	0,010	1,00	100	5,43
4	Mandor	OH	0,040	1,50	38	14,48
Jumlah				16,00		21,00



Gambar 4. Hasil penerapan BIM 4D (Gantt Chart Schedule)

Hasil penjadwalan menghasilkan total durasi 104 hari atau sekitar 14 minggu. Model yang telah dikaitkan dengan task dapat divisualisasikan melalui *Project Status Visualization* sehingga perkembangan urutan pekerjaan dapat ditampilkan secara spasial sesuai waktu yang ditentukan. Dengan demikian, *Tekla Structures* mampu menghubungkan informasi geometris dengan informasi waktu dalam satu model.

Keterbatasan BIM 4D berasal dari aktivitas yang tidak mempunyai representasi model langsung. Pekerjaan galian dan timbunan tidak dimasukkan sebagai task berbasis model karena komponen tersebut tidak dimodelkan dalam penelitian. Kondisi ini menunjukkan bahwa kelengkapan simulasi waktu sangat bergantung pada kelengkapan elemen model yang tersedia.

3.3 Hasil dan Pembahasan penerapan BIM 5D

Tahap BIM 5D dimulai dengan melakukan numbering pada model agar setiap elemen memiliki identitas yang dapat digunakan dalam laporan. Volume struktur beton diekstraksi menggunakan template *Cast Unit List*, sedangkan struktur baja menggunakan *Assembly List* melalui menu *Drawings & Reports*. Luasan dinding bata, *cladding*, dan penutup atap diperoleh menggunakan *Project Organizer*. Setelah itu membuat format tabel RAB di *Microsoft Excel* yang terdiri atas deskripsi pekerjaan, spesifikasi, volume, satuan, harga satuan, dan harga total. Data-data hasil ekstraksi volume dari *Tekla Structures* tersebut kemudian dipindahkan ke *Microsoft Excel* untuk digunakan dalam perhitungan rencana anggaran biaya.

Tabel 2. Tabel rekapitulasi volume struktur baja

No	Komponen	Mutu	Volume	Satuan
1	Kolom Baja	Baja SS400	301442,72	kg
2	Balok Baja	Baja SS400	54429,71	kg
3	Bresing	Baja SS400	17234,22	kg
4	Rafter	Baja SS400	81536,60	kg
5	Talang	Baja SS400	17347,07	kg
6	Tali Angin	Baja SS400	2961,39	kg
7	Balok Rafter	Baja SS400	7205,06	kg
8	Purlin	Baja SS400	38085,27	kg
9	Frame Cladding	Baja SS400	38151,80	kg

Tabel 3. Tabel rekapitulasi volume struktur beton

No	Komponen	Mutu	Volume	Satuan
1	Pekerjaan Pondasi	Beton Fc' 25	542,88	m3
2	Pekerjaan Balok Beton (Tie Beam)	Beton Fc' 25	276,52	m3
3	Pekerjaan Kolom Beton (Pedestal)	Beton Fc' 25	97,44	m3
4	Pekerjaan Angkur	D32	5937,29	kg
5	Pekerjaan Pelat Lantai	Beton Fc' 20	1602,01	m3
6	Pekerjaan Dinding Bata	Dinding Hebel 10cm	1296,00	m2
7	Pekerjaan Grouting	-	3,25	m3

Tabel 4. Tabel rekapitulasi volume cladding dan penutup atap

No	Komponen	Mutu	Volume	Satuan
1	Pemasangan Penutup Atap	Single Metal Sheet Roof	8413,20	m2
2	Pemasangan Cladding	Single Metal Sheet Roof	9271,08	m2

Selain data hasil ekstraksi dari perangkat lunak *Tekla Structures*, data analisa harga satuan pekerjaan harus dimasukkan kedalam *excel* untuk diolah. Data analisa harga satuan didapatkan dari data sekunder yang sudah dikumpulkan. Analisa harga satuan pekerjaan disesuaikan dengan standar harga satuan agar mendapatkan harga satuan pekerjaan yang akurat.

Tabel 5. Tabel rekapitulasi analisa harga satuan pekerjaan

No	Deskripsi AHSP	Harga Satuan Pekerjaan
1	AHSP Pengecoran menggunakan ready mix	Rp. 1.151.840
2	AHSP Pemasangan angkur	Rp. 34.037
3	AHSP Pemasangan dinding bata tebal 10cm	Rp. 159.766
4	AHSP Grouting secara manual	Rp. 13.085.546
5	AHSP Ereksi baja profil	Rp. 4.379
6	AHSP Pemasangan atap metal menerus tebal 0.4 mm	Rp. 141.798

Tabel 6. Tabel rekapitulasi hasil BIM 5D berdasarkan kelompok pekerjaan

No	Kelompok Pekerjaan	Nilai Biaya
1	Pekerjaan struktur beton	Rp. 3.352.964.972,84
2	Pemasangan struktur baja	Rp. 2.445.490.296,13
3	Pemasangan penutup atap & cladding	Rp. 2.507.603.936,53
Total		Rp. 8.306.059.205,50

Berdasarkan hasil pengolahan, biaya kelompok struktur beton sebesar Rp3.352.964.972,84, pemasangan struktur baja sebesar Rp2.445.490.296,13, dan pekerjaan penutup sebesar Rp2.507.603.936,53. Total estimasi biaya yang diperoleh dari lingkup pekerjaan yang dimodelkan adalah Rp8.306.059.205,50. Nilai tersebut merupakan hasil penggabungan data kuantitas model dengan harga satuan yang dihitung berdasarkan AHSP.

Penerapan BIM 5D menunjukkan bahwa model 3D dapat berfungsi sebagai sumber data kuantitas yang diteruskan ke proses estimasi biaya. Keterkaitan ini membuat deskripsi pekerjaan pada RAB dapat diselaraskan dengan task dan elemen model yang telah dibuat. Namun, biaya belum mencakup pekerjaan bekisting, galian, dan timbunan karena pekerjaan tersebut tidak menghasilkan model 3D dan volume dari *Tekla Structures* dalam penelitian ini. Oleh karena itu, total RAB harus dipahami sebagai estimasi untuk lingkup pekerjaan yang berhasil direpresentasikan dan diekstraksi dari model.

3.4 Pembahasan integrasi BIM 3D, 4D dan 5D

Hasil penelitian memperlihatkan hubungan berurutan antara tiga dimensi BIM yang diterapkan. Model 3D menjadi basis informasi geometris dan identitas elemen. Informasi tersebut kemudian digunakan untuk mengaitkan elemen dengan task dan durasi pada BIM 4D. Setelah itu, elemen yang sama digunakan sebagai sumber data kuantitas pada BIM 5D. Pola tersebut menunjukkan bahwa manfaat utama penerapan dalam penelitian ini terletak pada penggunaan satu sumber model untuk beberapa kebutuhan perencanaan, bukan pada pembuatan data yang terpisah untuk setiap tahapan.

Pada tingkat implementasi, model telah mencapai LOD 300–350, penjadwalan telah terintegrasi selama 104 hari, dan data kuantitas telah digunakan untuk menghasilkan RAB sebesar Rp8,306 miliar. Hasil ini sejalan dengan kerangka BIM yang menempatkan model sebagai wadah informasi geometris dan nongeometris yang dapat digunakan lintas proses proyek (Chuck Eastman, 2018). Temuan juga memperlihatkan bahwa implementasi BIM tidak otomatis menghilangkan kebutuhan pengolahan manual. *Microsoft Excel* tetap diperlukan untuk menghubungkan hasil QTO dengan AHSP dan SHS serta menyusun format RAB.

Keterbatasan yang ditemukan menjadi bagian penting dari hasil penelitian. Ketidakmampuan memodelkan pekerjaan tertentu menyebabkan aktivitas tersebut tidak dapat dihubungkan secara langsung pada BIM 4D dan tidak menghasilkan QTO untuk BIM 5D. Dengan demikian, tingkat keterpaduan model sangat dipengaruhi oleh kelengkapan objek yang dapat direpresentasikan oleh perangkat lunak. Untuk proyek dengan banyak pekerjaan arsitektural dan pekerjaan tanah, diperlukan metode atau perangkat lunak pendukung agar seluruh lingkup pekerjaan dapat masuk ke alur informasi yang sama.

4. Kesimpulan

Penerapan BIM 3D menggunakan *Tekla Structures* pada *Workshop* Struktur Baja Penstock PT. Kerinci Merangin Hydro menghasilkan model digital dengan tingkat kedetailan LOD 300–350. Model mencakup struktur bawah, struktur beton, struktur baja, sambungan, runway overhead crane, purlin, bracing, tali angin, cladding, dan penutup atap serta menjadi dasar untuk tahapan informasi berikutnya. Penerapan BIM 4D menghasilkan *Schedule Gantt Chart* yang terintegrasi dengan model 3D dengan durasi keseluruhan 104 hari atau 14 minggu. Fitur *Project Status Visualization* dapat digunakan untuk menampilkan hubungan antara elemen model dan waktu pelaksanaan. Penerapan BIM 5D menghasilkan data *Quantity Take-Off* yang diolah menggunakan *Microsoft Excel* dan dihubungkan dengan AHSP serta SHS sehingga diperoleh estimasi biaya sebesar Rp8.306.059.205,50 untuk lingkup pekerjaan yang berhasil dimodelkan dan diekstraksi. Secara keseluruhan, BIM 3D, 4D, dan 5D dapat diterapkan secara berkesinambungan pada objek penelitian. Model 3D berfungsi sebagai sumber informasi untuk penjadwalan dan kuantitas, sedangkan *Microsoft Excel* melengkapi proses pengolahan biaya. Keterbatasan utama

berada pada pekerjaan yang tidak dapat dimodelkan secara optimal, khususnya pekerjaan bekisting, galian, timbunan, serta beberapa komponen arsitektural. Pengembangan berikutnya perlu memperluas representasi model dan menghubungkannya dengan database biaya serta data pelaksanaan aktual.

References

1. Azhar, S. (2011, March). Building Information Modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11(3), 241-252.
2. Chuck Eastman, P. T. (2018). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers* (3rd ed.). Wiley.
3. Direktorat Jenderal Bina Konstruksi, K. P. (2026). *Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Konstruksi Nomor 47 Tahun 2026 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Bidang Pekerjaan Umum*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
4. Eastman, C. T. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
5. Ervianto, W. I. (2015). *Manajemen Proyek Konstruksi (Edisi Revisi)*. Andi Offset.
6. Hardin, B., & McCool, D. (2015). *BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows* (2nd ed.). Indianapolis: John Wiley & Sons.
7. ISO. (2018). *ISO 19650-1: Organization and Digitization of Information About Buildings and Civil Engineering Works, Including Building Information Modelling (BIM) — Part 1: Concepts and Principles*. Geneva: International Organization for Standardization.
8. Kusumartono, F. H., Krisbandono, A., Permana, G. P., Andarwati, N., Indraprastha, A., Widyastuti, A. R., . . . Rahman, A. (2018). *Panduan Adopsi BIM dalam Organisasi*. Jakarta: Pusat Litbang Kebijakan dan Penerapan Teknologi, Kementerian PUPR.
9. Magfirona, A., Amar, T. I., & Failasufa, A. A. (2023). Analisis Komparasi Quantity Take Off Pekerjaan Struktur Berdasarkan Metode Konvensional dan Metode BIM Studi Kasus: Perencanaan Omah DW. *Jurnal Teslink: Teknik Sipil dan Lingkungan*, 60-67.
10. Muspawi, U. S. (2024). MEMAHAMI SUMBER DATA PENELITIAN: PRIMER, SEKUNDER, DAN TERSIER. *EDU RESEARCH*, 110-116.
11. Pratama, A., & Marzuki, P. F. (2023). Kajian Implementasi BIM (Building Information Modeling) di Indonesia Berdasarkan Perspektif Pelaksana Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Kontraktor BUMN). *Jurnal Teknik Sipil*, 280 - 281.
12. Pratiwi, S., Abduh, M. N., & Yunus, A. Y. (2026). Studi Penerapan Manajemen Konstruksi Pada Proyek Pembangunan Jalan Akses Tol Makassar New Port. *Jurnal Penelitian Teknik Sipil Konsolidasi*, 215-223.
13. Sacks, R., Lee, G., Eastman, C., Teicholz, P., & Liston, K. (2021). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.
14. Saputra, M. S., Munardy, & Hanif. (2025). Analisis Perbandingan Rencana Anggaran Biaya Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu IAIN Langsa Menggunakan AHSP 2024 dan SNI 2013. *Jurnal Bissotek (Bisnis, Sosial, dan Teknologi)*, 69-77.
15. Succar, B. (2009). Building Information Modelling Framework: A Research and Delivery Foundation for Industry Stakeholders. *Automation in Construction*, 357-375.