

Penerapan BIM 4D Proyek Rehap Total Gedung Sekolah SMPN 117 Jakarta

Ari Ikhsan Wicaksono¹, Adhi Purnomo², Muh Abdhy Gazali HS³

¹²³Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Bangunan Gedung, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta

Email: ¹ariikhsanw@gmail.com*, ²apurnomo@unj.ac.id, ³abdhy.gazali@unj.ac.id

Abstract

Penerapan teknologi *Building Information Modeling* (BIM) 4D pada proyek rehabilitasi total gedung SMP Negeri 117 Jakarta Timur terbukti memberikan kontribusi signifikan terhadap efektivitas manajemen proyek, khususnya dalam aspek penjadwalan. Dengan mengintegrasikan data waktu ke dalam model tiga dimensi, BIM 4D memungkinkan visualisasi progres konstruksi secara lebih informatif dan interaktif. Pendekatan ini tidak hanya mempermudah pemangku kepentingan dalam memahami urutan pelaksanaan, tetapi juga membantu mendeteksi potensi konflik penjadwalan sejak tahap perencanaan. Melalui tahapan *Define, Design, Develop*, dan *Disseminate* yang digunakan dalam pendekatan *Research and Development* (R&D), proses pengembangan model BIM 4D dilakukan secara sistematis. Penjadwalan berbasis Microsoft Project dan pemodelan melalui Autodesk Navisworks versi edukasi berhasil menghasilkan simulasi visual proyek yang menggambarkan keterkaitan antara aktivitas konstruksi dan waktu pelaksanaannya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa BIM 4D mampu meningkatkan koordinasi lintas disiplin, mengurangi risiko keterlambatan akibat miskomunikasi, serta mengoptimalkan alokasi sumber daya. Selain itu, potensi pekerjaan ulang dapat diminimalkan karena seluruh tahapan konstruksi telah disimulasikan secara menyeluruh sebelum implementasi di lapangan. Dengan demikian, implementasi BIM 4D menjadi solusi strategis dalam mendukung efisiensi, akurasi, dan transparansi dalam pelaksanaan proyek konstruksi bangunan pendidikan.

Keywords: Building Information Modeling (BIM), BIM 4D, Manajemen Proyek, Penjadwalan Konstruksi, Simulasi Visual.

Abstract

The application of Building Information Modeling (BIM) 4D technology in the total rehabilitation project of SMP Negeri 117 East Jakarta has been proven to contribute significantly to the effectiveness of project management, especially in the aspect of scheduling. By integrating time data into a three-dimensional model, BIM 4D enables a more informative and interactive visualisation of construction progress. This approach not only makes it easier for stakeholders to understand the sequence of implementation, but also helps detect potential scheduling conflicts from the planning stage. Through the Define, Design, Develop, and Disseminate stages used in the Research and Development (R&D) approach, the process of developing the 4D BIM model was carried out systematically. Microsoft Project-based scheduling and modelling through the educational version of Autodesk Navisworks successfully produced a visual simulation of the project that illustrates the relationship between construction activities and their implementation time. The results show that BIM 4D can improve cross-disciplinary coordination, reduce the risk of delays due to miscommunication, and optimise resource allocation. In addition, the potential for re-work can be minimised as all stages of construction have been thoroughly simulated prior to implementation in the field. Thus, the implementation of BIM 4D is a strategic solution in supporting efficiency, accuracy, and transparency in the implementation of educational building construction projects.

Keywords: Building Information Modelling (BIM), BIM 4D, Project Management, Construction Scheduling, Visual Simulation.

1. Pendahuluan

Di masa kini, era digital berkembang pesat ditandai oleh percepatan di berbagai bidang, penggunaan teknologi informasi yang semakin meluas, serta meningkatnya kebutuhan akan disiplin dan kolaborasi antar pemangku kepentingan. Dalam kondisi ini, kecepatan dan akurasi menjadi faktor krusial yang menuntut efisiensi dan responsivitas dalam memperoleh informasi. Salah satu terobosan penting dalam sektor jasa konstruksi adalah pemanfaatan teknologi informasi melalui perangkat lunak *Building Information Modeling* (BIM) dalam proses pembangunan gedung dan infrastruktur.

Pemerintah Inggris mendefinisikan *Building Information Modeling* (BIM) sebagai metode kerja kolaboratif yang memanfaatkan teknologi digital guna meningkatkan efisiensi dalam tahapan desain, konstruksi, hingga pemeliharaan aset [1]. BIM melibatkan data terkait identitas produk maupun aset serta visualisasi digital dalam bentuk tiga dimensi (3D), yang digunakan untuk mengelola informasi secara menyeluruh sepanjang siklus hidup proyek, mulai dari tahap perencanaan awal hingga operasionalisasi [1]. BIM memberikan pandangan komprehensif terhadap seluruh siklus hidup informasi aset, meliputi proses pembentukan dan pengelolaan data digital dari aset yang sedang dikembangkan [1]. Informasi digital ini mencakup komponen grafis dan non-grafis yang terintegrasi, berperan dalam mendukung pengelolaan aset secara menyeluruh [1].

Jenis data yang terkait dengan model informasi proyek dalam *Building Information Modeling* (BIM) dijelaskan melalui berbagai dimensi, di mana setiap dimensi tambahan memberikan pemahaman yang semakin komprehensif terhadap proyek secara keseluruhan [1]. Centre Line Studio (n.d.), mengidentifikasi sepuluh dimensi dalam BIM [1]. Dimensi 1D berkaitan dengan proses dan tata kelola, 2D menampilkan gambar dua dimensi dari model tiga dimensi, sementara 3D menyajikan representasi visual dari bangunan. Dimensi 4D memperkenalkan elemen waktu, 5D mencakup aspek perencanaan biaya, dan 6D melibatkan analisis energi, efisiensi, keselamatan, serta keberlanjutan. Dimensi 7D digunakan untuk pengelolaan aset dan siklus hidup bangunan, 8D menyoroti kondisi nyata proyek di lapangan, 9D menerapkan prinsip *lean construction*, dan 10D membahas industrialisasi dalam proses konstruksi.

Mengacu pada Putra (2016), penggunaan *Building Information Modeling* (BIM) telah menjadi kebutuhan penting di sejumlah negara sejak awal tahun 2000-an [2]. Disebutkan bahwa pada tahun 2007, sekitar 50% pelaku industri konstruksi di Amerika Serikat telah mengimplementasikan BIM, dan jumlah tersebut melonjak menjadi 75% pada 2009 [2]. Sementara itu, menurut Xianbo Zhao (n.d.) yang dikutip dalam penelitian tersebut, penerapan BIM di wilayah Asia baru mulai berkembang pada awal dekade 2010-an, dengan negara-negara seperti Tiongkok, Korea Selatan, Singapura, Vietnam, dan Malaysia sebagai pionir. Di Singapura, penerapan BIM bahkan telah diwajibkan pemerintah sejak tahun 2015 untuk seluruh tahapan dalam sektor konstruksi, mulai dari perencanaan, pengurusan izin, pelaksanaan proyek, serah terima, hingga operasional bangunan [2]. Di sisi lain, perkembangan BIM di Indonesia masih tergolong lambat. Penerapan BIM di dalam negeri sebagian besar dilakukan oleh kontraktor BUMN pada proyek-proyek pemerintah, sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri PUPR No. 22 Tahun 2018 tentang Pembangunan Gedung Negara [2]. Sementara itu, di sektor swasta, pemanfaatan BIM masih bersifat terbatas dan belum merata. Oleh karena itu, dibutuhkan upaya strategis guna mempercepat adopsi dan pengembangan BIM di industri konstruksi nasional, antara lain melalui penyusunan panduan pelaksanaan serta penguatan kerja sama antar pemangku kepentingan untuk meningkatkan efisiensi dan daya saing sektor konstruksi [2].

Dengan semakin tingginya tingkat kompleksitas dalam koordinasi antar disiplin serta kebutuhan akan integrasi sistem dalam proses konstruksi gedung yang memakan waktu cukup lama, penggunaan *Building Information Modeling* (BIM) menjadi semakin krusial. Dalam penelitian ini, perangkat lunak Microsoft Project dimanfaatkan untuk menyusun jadwal proyek, sementara simulasi visual berbasis 4D dilakukan menggunakan Autodesk Navisworks versi pelajar.

Navisworks versi Student merupakan edisi dari perangkat lunak Navisworks yang dikhususkan untuk tujuan edukasi dan tidak diperuntukkan bagi proyek profesional atau komersial yang bersifat profit. Aplikasi ini sangat berguna dalam mendukung koordinasi lintas disiplin serta memudahkan

evaluasi integrasi antar komponen proyek. Akbar (2021), menyatakan bahwa kekuatan utama Navisworks terletak pada fitur-fiturnya yang mendukung koordinasi, simulasi proses konstruksi, dan analisis proyek secara terintegrasi [3]. Lebih jauh lagi, penggunaan BIM melalui platform ini memungkinkan visualisasi progres proyek secara interaktif berdasarkan jadwal pelaksanaan [4]. Di sisi lain, Microsoft Project digunakan untuk menyusun dan mengelola jadwal dalam proyek konstruksi. Perangkat lunak ini mendukung pengelolaan proyek yang efektif berkat kemudahan operasional, fleksibilitas, serta kemampuannya untuk terintegrasi dengan aplikasi lain, sehingga secara keseluruhan dapat meningkatkan produktivitas [3].

Guna memperjelas proses penerapan BIM 4D dalam penjadwalan proyek, sejumlah penelitian telah memberikan kontribusi yang signifikan. Penerapan BIM 4D dalam menyusun jadwal proyek terdiri dari beberapa tahap utama [5]. Tahap pertama adalah penyusunan *Work Breakdown Structure* (WBS), yang mencakup rincian item pekerjaan, estimasi durasi, serta hubungan antar aktivitas. Selanjutnya, data dari WBS tersebut diolah menggunakan perangkat lunak seperti Microsoft Project untuk menghasilkan rencana penjadwalan. Setelah jadwal terbentuk, langkah berikutnya adalah mengintegrasikan data penjadwalan ke dalam model 3D menggunakan perangkat lunak Navisworks, sehingga terbentuklah pemodelan 4D. Model 4D ini memberikan kemudahan dalam mengelola jadwal secara lebih tepat dan efisien selama proses perencanaan proyek [5].

2. Kajian Pustaka

Sejalan dengan hal tersebut, tahapan integrasi antara model 3D yang dibuat dengan Autodesk Revit dan penjadwalan dari Microsoft Project melalui penggunaan Autodesk Navisworks [4]. Proses diawali dengan membuka file Revit, dilanjutkan dengan penambahan aktivitas proyek menggunakan Microsoft Project [4]. Setelah itu, dilakukan sinkronisasi antara komponen pekerjaan dengan elemen pada model bangunan, yang kemudian divisualisasikan melalui simulasi serta animasi proses konstruksi menggunakan Autodesk Navisworks Manage [4].

Sementara itu, pada penelitian lain menekankan penerapan BIM 4D melalui pemodelan 3D untuk elemen struktur, arsitektur, dan MEP menggunakan Revit 2023, perencanaan jadwal menggunakan Microsoft Project 2019, serta integrasi data melalui Navisworks Manage 2023 [6]. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa simulasi proyek dapat dilakukan secara efektif, dan integrasi antara model BIM dengan data waktu memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan kualitas visualisasi serta ketepatan jadwal pelaksanaan konstruksi.

Berdasarkan temuan tersebut, penelitian ini difokuskan pada manajemen proyek dalam kegiatan rehabilitasi total gedung sekolah di SMP Negeri 117 Jakarta Timur, dengan titik tekan pada aspek penjadwalan. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengimplementasikan BIM 4D, yang menggabungkan model tiga dimensi dengan informasi waktu. Permasalahan yang ingin dijawab dalam penelitian ini adalah bagaimana teknologi BIM 4D dapat dimanfaatkan dalam proyek rehabilitasi total gedung sekolah tersebut.

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian pengembangan (*Research and Development* atau R&D). Menurut Sukmadinata (2013), penelitian pengembangan bertujuan untuk menciptakan produk baru atau menyempurnakan produk yang sudah ada [7]. Hal ini sejalan dengan pandangan Sugiyono (2013), yang menyatakan bahwa R&D dilakukan untuk memperdalam, memperluas, serta meningkatkan pengetahuan, tindakan, atau produk yang telah tersedia sebelumnya, sebagaimana dikutip dalam Zamsiswaya et al. [7].

3. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif, dengan fokus utama pada pengumpulan data proyek berupa Kurva S rencana serta model BIM (*Building Information Modeling*) untuk struktur dan arsitektur yang telah dikembangkan sebelumnya oleh tim pemodel. Data tersebut kemudian dikembangkan melalui pendekatan 4D yang mencakup tahapan *Define*, *Design*, *Develop*, dan *Disseminate*. Implementasi konsep BIM 4D dalam penelitian ini diterapkan pada proyek Rehabilitasi

Total SMP Negeri 117 Jakarta Timur, dengan bantuan perangkat lunak Navisworks 2025 versi edukasi dan Microsoft Project 2021 sebagai alat bantu utama dalam proses integrasi dan penjadwalan proyek.

3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada proyek Rehabilitasi Total Gedung Sekolah SMP Negeri 117 yang terletak di Jalan Taruna Pahlawan Revolusi, Kelurahan Pondok Bambu, Kecamatan Duren Sawit, Jakarta Timur. Untuk memperjelas lokasi proyek secara visual, lokasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Proyek

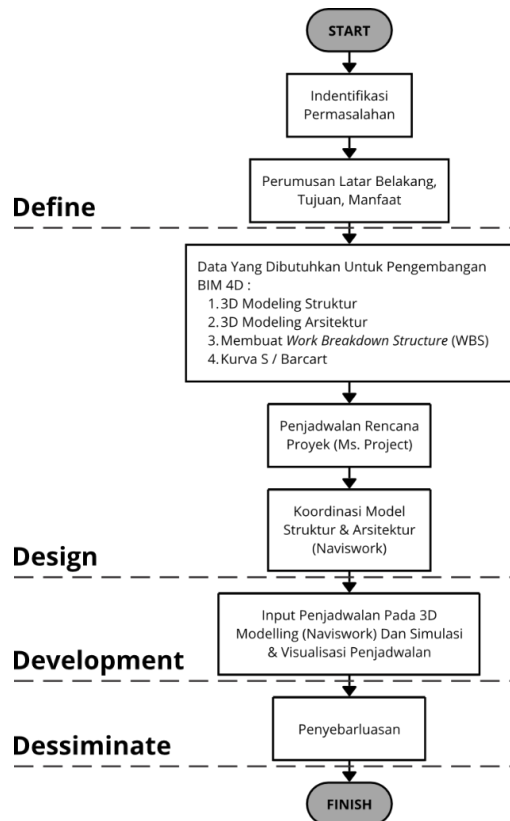
3.2. Spesifikasi Bangunan

Adapun spesifikasi bangunan yang menjadi objek dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Jumlah Lantai	: 4 Lantai dan <i>Rooftop</i>
Luas Bangunan	: 5.532m ²
Fungsi Bangunan	: Gedung Sekolah
Material Utama	: Beton Bertulang

3.2. Tahapan Penelitian

Pendekatan penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif dengan model *Research and Development* (R&D), yang mengadopsi tahapan pengembangan 4D, yaitu *Define*, *Design*, *Develop*, dan *Disseminate*. Untuk memberikan gambaran yang lebih terstruktur mengenai alur penelitian, dapat dilihat dalam bentuk diagram alur (*flowchart*) yang disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alur Penelitian

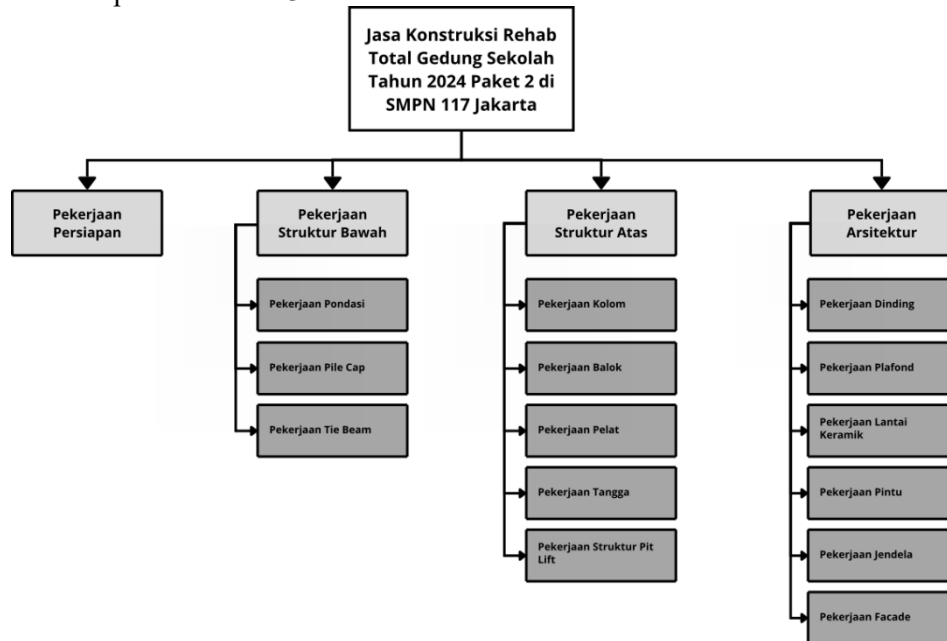
Berdasarkan Gambar 2, alur tahapan dalam penelitian ini mengikuti model pengembangan 4D yang terdiri dari:

1. Tahap Pendefinisian (*Define*)
Tahap ini bertujuan untuk mengenali dan merinci kebutuhan serta mengumpulkan informasi yang berkaitan dengan produk yang akan dikembangkan. Kegiatan utama pada fase ini mencakup analisis latar belakang masalah, penetapan tujuan dan manfaat penelitian, serta pengumpulan data awal sebagai dasar pengembangan model BIM 4D dalam penjadwalan proyek.
2. Tahap Perancangan (*Design*)
Pada tahap ini dilakukan proses desain model BIM 4D, terutama terkait aspek penjadwalan. Aktivitas yang dijalankan meliputi pengumpulan data proyek, pembuatan jadwal menggunakan Microsoft Project, serta koordinasi model struktur dan arsitektur menggunakan perangkat lunak Navisworks.
3. Tahap Pengembangan (*Develop*)
Tahap ini bertujuan untuk menghasilkan produk akhir yang siap digunakan sebagai alat bantu dalam manajemen proyek. Kegiatan yang dilakukan mencakup pengintegrasian data penjadwalan dari Microsoft Project ke dalam model gabungan struktur dan arsitektur di Navisworks, yang menghasilkan simulasi dan visualisasi penjadwalan proyek dalam format BIM 4D.
4. Tahap Penyebarluasan (*Disseminate*)
Setelah produk akhir selesai dikembangkan, tahap ini fokus pada penyebaran hasil penelitian. Penyebarluasan dapat dilakukan melalui penyusunan laporan, presentasi seminar, publikasi ilmiah, atau media komunikasi lain yang relevan.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Penumpukan Data

Pada tahap perancangan dan pengembangan produk, langkah awal yang dilakukan adalah mengumpulkan data yang dibutuhkan, meliputi model 3D untuk elemen struktur dan arsitektur, serta data proyek yang akan menjadi referensi dalam penyusunan jadwal menggunakan Microsoft Project. Data proyek ini meliputi Kurva S yang digunakan sebagai dasar dalam perencanaan waktu. Selain itu, *Work Breakdown Structure* (WBS) juga disusun berdasarkan Kurva S tersebut. Struktur WBS yang telah dibuat dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. *Work Break Structure* (WBS)

4.2. Penjadwalan Rencana Proyek

Penelitian ini menggunakan jadwal rencana proyek sebagai dasar penerapan BIM 4D. Penyusunan jadwal dilakukan dengan perangkat lunak Microsoft Project, yang berdasarkan data Kurva S dari Proyek Rehabilitasi Total Gedung Sekolah SMPN 117 Jakarta. Kurva S tersebut dapat dilihat pada Gambar 4. Adapun langkah-langkah input data ke Microsoft Project dijelaskan sebagai berikut:

1. Menetapkan Tanggal Mulai Proyek

Langkah awal sebelum memasukkan data pekerjaan adalah menentukan tanggal awal pelaksanaan proyek. Dalam penelitian ini, proyek direncanakan dimulai pada 14 Agustus 2024.

2. Menentukan Hari dan Jam Kerja

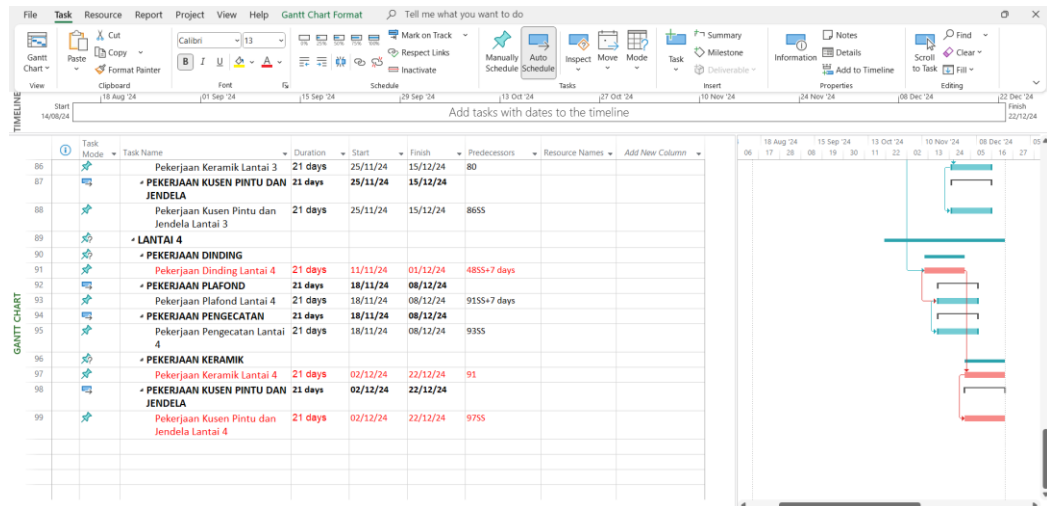
Setelah tanggal mulai ditetapkan, langkah berikutnya adalah menentukan hari kerja dan jam kerja proyek. Pada penelitian ini, hari kerja berlangsung setiap hari dengan dua sesi kerja, yaitu pukul 08.00–12.00 dan 13.00–17.00.

3. Memasukkan Nama dan Rincian Pekerjaan

Selanjutnya, data pekerjaan dimasukkan ke dalam Microsoft Project, mencakup nama aktivitas, durasi, tanggal mulai, serta hubungan ketergantungan antar aktivitas (*predecessors*).

4. Menampilkan Lintasan Kritis (*Critical Path*)

Tahap terakhir adalah menampilkan lintasan kritis, yaitu rangkaian pekerjaan dengan durasi terpanjang yang menentukan waktu penyelesaian proyek. Keterlambatan pada lintasan ini akan memengaruhi keseluruhan jadwal proyek. Untuk menampilkan lintasan kritis di Microsoft Project, pengguna dapat memilih menu *Gantt Chart Format*, kemudian masuk ke *Bar Styles*, dan mencentang opsi *Critical Tasks*. Tampilan lintasan kritis yang menggunakan warna merah pada teks dan batang Gantt dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan MS Project

4.3. Koordinasi Model

Data model BIM 3D untuk elemen struktur dan arsitektur yang diperoleh dari tim pemodel selanjutnya akan dikombinasikan guna memudahkan visualisasi keseluruhan bangunan. Hasil penggabungan model tersebut dapat dilihat pada Gambar 5. Tahapan dalam proses koordinasi model meliputi:

1. Pemeriksaan Keselarasan Koordinat Model

Tahap pertama dalam proses koordinasi adalah memastikan bahwa koordinat dari model struktur dan arsitektur sudah sinkron. Jika terdapat perbedaan koordinat, maka harus dilakukan penyesuaian. Karena model masih berformat Revit, pengecekan dan penyesuaian koordinat dilakukan menggunakan perangkat lunak Revit. Caranya dengan membuka *Project Browser*, memilih *Floor Plans*, kemudian *Site*. Pada tampilan ini, ikon *Project Base Point* dan *Survey Point* akan terlihat. Dalam penelitian ini, untuk mempermudah koordinasi, titik N/S dan E/W pada kedua model disamakan ke nilai 0. Penyesuaian koordinat dilakukan melalui menu *Manage*, kemudian *Project Location*, *Position*, dan terakhir *Relocate Project*.

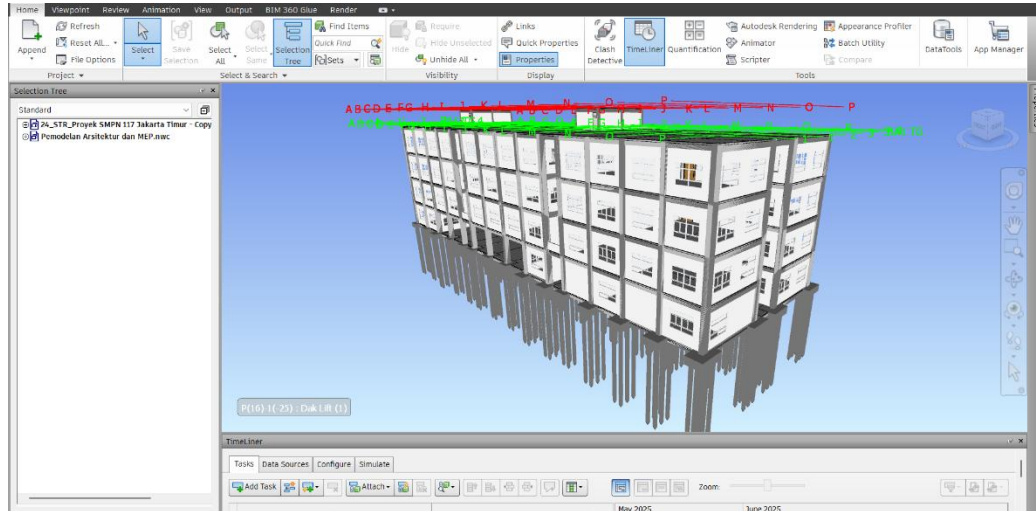
2. Ekspor Model ke Format NWC

Setelah koordinat disesuaikan, langkah berikutnya adalah mengekspor model dari Revit ke dalam format NWC (*Navisworks Cache File*). Format ini lebih ringan dan memudahkan proses integrasi di Navisworks. Proses ekspor dilakukan dengan membuka tab *File*, memilih *Export*, kemudian *NWC*, dan menunggu hingga proses ekspor selesai untuk masing-masing model (struktur dan arsitektur).

3. Penggabungan Model di Navisworks

Langkah terakhir adalah mengimpor dan menggabungkan kedua model tersebut ke dalam Navisworks. Buka Navisworks, buat file baru melalui menu *New*, kemudian di tab *Home*,

pilih *Append* dan arahkan ke file NWC hasil ekspor sebelumnya untuk model struktur dan arsitektur. Setelah dibuka, kedua model akan tampil dalam satu ruang koordinat yang sama, siap untuk proses visualisasi dan simulasi lebih lanjut.



Gambar 5. Tampilan Hasil Koordinasi Model

4.4. Input Penjadwalan & Simulasi

Dalam penelitian ini, proses input penjadwalan dan simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak Navisworks, dan menjadi bagian dari tahap pengembangan produk setelah melewati fase perancangan. Ilustrasi dari proses ini dapat dilihat pada Gambar 6. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam proses input penjadwalan dan simulasi adalah sebagai berikut:

1. Menambahkan Komponen Waktu (*Time Dimension*)

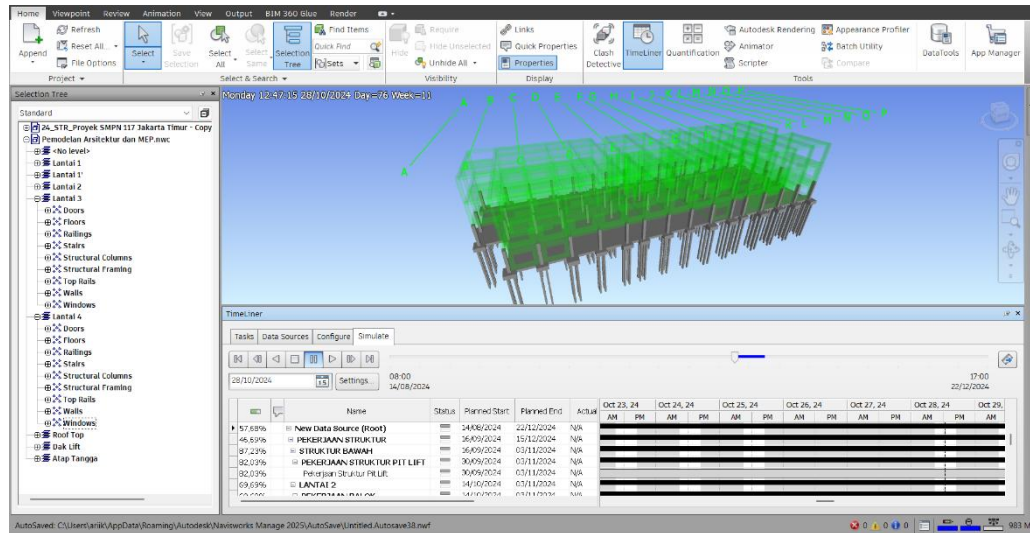
Langkah awal adalah memasukkan dimensi waktu ke dalam model. Buka *tab Timeliner*, kemudian pilih *Data Sources*, klik *Add*, dan tentukan Microsoft Project 2007–2013 sebagai sumber data jadwal. Setelah file berhasil dimuat, klik kanan pada nama file jadwal lalu pilih *Rebuild Task Hierarchy* untuk menampilkan struktur pekerjaan secara hierarkis.

2. Mengaitkan Jadwal dengan Komponen Model

Untuk menghubungkan jadwal dengan elemen-elemen dalam model, buka *tab Home* dan pilih *Selection Tree* guna memudahkan pemilihan objek. Setelah itu, kembali ke *tab Timeliner*, pilih nama pekerjaan yang sesuai, kemudian gunakan fitur *Attach* untuk mengaitkan dengan objek model. Sebagai contoh, jika objek model adalah "Kolom Lantai 1", maka kaitkan dengan aktivitas jadwal bernama "Pekerjaan Kolom Lantai 1".

3. Menjalankan Simulasi Konstruksi

Setelah semua elemen pada model, baik struktur maupun arsitektur, telah terhubung dengan data jadwal (dimensi waktu), langkah berikutnya adalah menjalankan simulasi proyek. Buka *tab Timeliner*, klik *Simulate*, kemudian tekan *Play* untuk memutar simulasi sesuai urutan jadwal proyek. Jika diperlukan, hasil simulasi ini dapat disimpan dalam bentuk animasi menggunakan opsi *Export Animation*.



Gambar 6. Input Penjadwalan & Simulasi

5. Kesimpulan

Penerapan *Building Information Modeling* (BIM) 4D pada Proyek Rehabilitasi Total SMPN 117 Jakarta memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas pengelolaan proyek. Dengan mengintegrasikan jadwal kegiatan ke dalam model tiga dimensi, BIM 4D memungkinkan visualisasi perkembangan proyek secara temporal, sehingga seluruh pemangku kepentingan dapat memahami alur pelaksanaan konstruksi secara lebih jelas dan interaktif. Visualisasi ini juga membantu dalam mengidentifikasi potensi konflik jadwal serta ketidaksesuaian urutan pelaksanaan sebelum tahap konstruksi dimulai.

Selain itu, penerapan BIM 4D memperkuat akurasi perencanaan dan efektivitas koordinasi antar pihak, terutama melalui integrasi jadwal proyek yang dihasilkan dari perangkat lunak manajemen proyek seperti Microsoft Project atau Primavera. Integrasi tersebut mampu meminimalkan risiko keterlambatan yang disebabkan oleh miskomunikasi maupun kesalahan penjadwalan.

Lebih lanjut, BIM 4D berkontribusi terhadap penghematan waktu dan biaya proyek dengan menyediakan sarana simulasi dan analisis tiap tahapan pelaksanaan secara menyeluruh. Dengan demikian, potensi pekerjaan ulang dapat ditekan dan pemanfaatan sumber daya dapat dioptimalkan. Oleh karena itu, implementasi BIM 4D dalam proyek ini menunjukkan potensi besar dalam mendukung pelaksanaan konstruksi yang lebih sistematis, efisien, dan terkendali.

Referensi

- [1] I. G. A. A. Putera, "Manfaat Bim Dalam Konstruksi Gedung: Suatu Kajian Pustaka," *J. Ilm. Tek. Sipil*, vol. 26, no. 1, p. 43, 2022, doi: 10.24843/jits.2022.v26.i01.p06.
- [2] S. Heryanto, G. Subroto, and Rifa'ih, "KAJIAN PENERAPAN BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM) DI INDUSTRI JASA KONSTRUKSI Penerapan teknologi informasi dalam proses bangunan gedung (building delivery menggunakan software Information Modelling penting dalam industry jasa konstruksi BIM telah," *J. Archit. Innov.*, vol. 4, no. 2, 2020.
- [3] R. Maulana, F. Maulina, and N. Fadhly, "Building Information Modeling (BIM) 4D pada Proyek Pembangunan Gedung Pusat Pelayanan Syariat Islam dan Keistimewaan Aceh," *J. Civ. Eng. Student*, vol. 5, no. 3, pp. 260–266, 2023, doi: 10.24815/journalces.v5i3.23873.
- [4] H. I. I. H. Zen and F. Nadiar, "Integrasi Model Struktur Autodesk Revit Gedung Rumah Sakit Mitra Keluarga Dengan Penjadwalan Microsoft Project Menggunakan Autodesk Naviswork," *J. Vokasi Tek. Sipil*, vol. 2, no. 2, pp. 19–24, 2024.

- [5] N. D. Kurniawan, T. Yulianto, M. W. Nugroho, and T. Sundari, “Implementasi building information modeling 4d sebagai project control pembangunan gedung 3 lantai,” *J. Ilm. REAKTIP*, vol. 04, no. 01, pp. 62–68, 2024, [Online]. Available: <https://ejournal.unhasy.ac.id/index.php/reaktip/article/view/7125>
 - [6] A. P. Octavia, A. Purnomo, and R. B. Yasinta, “Analisis Penjadwalan Ulang Proyek dengan Building Information Modelling Pada Pembangunan Gedung Graha Pemuda Kompleks Katedral Jakarta,” *J. Pendidik. Tambusai*, vol. 7, no. 3, pp. 26307–26319, 2023, [Online]. Available: <https://jptam.org/index.php/jptam/article/view/10834%0Ahttps://jptam.org/index.php/jptam/article/download/10834/8634>
 - [7] Zamsiswaya, Sawaluddin, and B. Sihombing, “Model Pengembangan 4D (Define, Design, Develop, dan Disseminate) dalam Pembelajaran Pendidikan Islam,” *J. Islam. Educ. El Madani*, vol. 4, pp. 11–19, 2024.
-