

Perencanaan penjadwalan pekerjaan struktur *groundsill* berbasis BIM 4D dengan kolaboratif model

Fahriza Luth¹, Vendie Abma^{1*}

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

Article Info

Available online

Keywords:

BIM
Groundsill
Collaborative
4D BIM
Scheduleing

Abstract

The BIM concept represents a construction project in a 3D model with essential information throughout the entire construction cycle. Implementation of the BIM is currently increasing to support the development of the digital construction era. A digital-based sustainable construction process provides its own challenges that encourage the use of BIM. The application of BIM 4D can improve the planning process by visualizing the activities of the construction process during a predetermined schedule. This is can help identify early on schedule conflicts possible. The advantages and benefits of the BIM 4D implementation need to be explored further in the possibility of using collaborative models, and applied to the scheduling planning of groundsill structural work. Collaborative modeling through software that support modeling soil condition and has collaborated with structural models through other software is presented as a basis for collaborative models tailored to groundsill planning. BIM 4D analysis is for models development and to get scheduling duration results with the process of determining the calculation of activity duration. This calculation is done by considering the volume of work from the Quantity Take Off. The results of the scheduling plan show that the total duration to complete of the groundsill structure work is 97 days. The collaborative implementation of the BIM model is still limited, and the 4D results provide a visual breakdown of the duration for each job according to the correct sequence and related relationships.

Corresponding Author:

Vendie Abma
vendie.abma@uii.ac.id

Copyright © 2024 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

Pendahuluan

Latar Belakang

Sejak awal tahun 1990an, sistem gambar 2D telah digunakan hanya sebagai “papan gambar elektronik”, menyalin dan menempel detail atau “blok” untuk mereplikasi gambar lebih cepat dari pada proses manual yang lama. Permodelan informasi di industri konstruksi didefinisikan sebagai representasi digital yang mencakup semua informasi penting dari elemen yang dimodelkan (Lester, 2017).

Dimensi utama sistem BIM saling melengkapi

dan memetakan pendekatan perubahan yang masih dalam pengembangan (Ershadi et al., 2021). BIM sampai dengan saat ini sudah banyak diimplementasikan oleh beberapa Perusahaan kontraktor di seluruh Indonesia, hal ini berkaitan juga dengan kebutuhan karena telah adanya peraturan yang diterbitkan oleh Kementerian PUPR dalam permen PUPR No.10 tahun 2023, tentang Bangunan Gedung Cerdas yang selanjutnya disebut BGC. BGC secara umum harus memenuhi standar teknis Bangunan Gedung serta sistem keamanan yang telah menerapkan teknologi tinggi dan

terintegrasi sehingga mampu bekerja secara otomatis sesuai dengan prinsip-prinsip keberlanjutan.

Teknologi Industri 4.0 mengubah praktik konvensional di banyak industri dan menjadi pemimpin transformasi digital di industri tersebut. Ketika teknologi Digital Twins (DT) digunakan, BIM menjadi lebih baik, terutama ketika berbicara tentang aspek dinamis proses konstruksi. Hal ini memungkinkan praktik berbasis data yang lebih tangguh untuk menggunakan data real-time, yang menghasilkan peningkatan produktivitas dan percepatan kemajuan dalam transformasi digital. Karena industri konstruksi harus mengikuti perkembangan ekonomi digital yang bergerak cepat, tinjauan sistematis sangat penting (Afzal & Shoaib, 2023).

Penjadwalan proyek perlu diperhatikan dan dilakukan dengan benar, dengan harapan agar proyek dapat lebih mudah dikendalikan dan dapat terselesaikan tepat waktu. Hal ini merupakan alasan mengapa konsep BIM digunakan sebagai salah satu solusi teknologi guna mengoptimalkan seluruh rangkaian proses konstruksi (Rifqi, 2022), (Sustiawan & Husin, 2021).

Struktur *ground sill* merupakan bangunan yang dibangun dengan tujuan untuk mengurangi atau mereduksi kecepatan aliran air serta mempertahankan laju sedimentasi pada hulu struktur (Sutopo & Saputro, 2020). Perangkat lunak permodelan diperlukan untuk mendukung konsep BIM (Tidar S & Nuranto, 2023). BIM 4D memungkinkan untuk menghubungkan tugas-tugas dalam rencana proyek dengan komponen model 3D dan membandingkannya rencana yang berbeda dengan memvisualisasikan urutan pekerjaan dan durasi setiap tugas (Chiara De Falco et al., 2020).

Penelitian ini akan mengeksplorasi penerapan konsep BIM untuk perencanaan penjadwalan proyek dengan kolaboratif model berbasis BIM dengan menggunakan Plaxis Designer dan Autodesk Revit, serta analisis 4D dengan Baxel Manager. Hasil dari BIM 4D didapatkan penjadwalan yang tervisualisasikan (Abma & Rachmawati, 2022). Diharapkan hasil penelitian ini akan memungkinkan penerapan

konsep 4D BIM dengan kolaboratif model dalam rencana penjadwalan proyek.

Building Information Modeling (BIM)

Manajemen proyek merupakan salah satu hal yang penting dalam organisasi untuk dapat menyelesaikan proyek dengan optimal melalui penerapan dan integrasi proses yang teridentifikasi (*Project Management Institute*, 2017).

Hardin & McCool, (2015) menyatakan bahwa komunitas konstruksi melihat pergeseran dari 3D atau aspek visualisasi BIM ke alur kerja yang diterapkan langsung untuk memecahkan masalah, seperti verifikasi instalasi, tahapan, dan estimasi. Hal ini membantu pengoptimalan *take off* yang efektif, analisis, dan penyebaran informasi secara real time untuk membuat proyek lebih sukses.

Adopsi BIM ke dalam praktik manajemen konstruksi telah mengubah konstruksi konvensional dari apa yang dimaksudkan dan mengubahnya menjadi cara baru untuk melihat bagaimana kita bekerja. BIM bukan hanya sekedar perangkat lunak, tetapi konsep BIM merupakan proses dengan satu langkah yang lebih jauh. Implementasi BIM yang sukses membutuhkan tiga faktor utama sebagai berikut.

1. Proses

Manajemen konstruksi dan banyak perusahaan lain yang berfokus pada teknik cenderung mengambil teknologi baru dan mencoba mengintegrasikannya dalam proses lama. Pendekatan ini menciptakan pemborosan dengan tidak memperhitungkan implikasi metode baru dan proses yang telah ada, serta alur kerja yang seharusnya berubah untuk mencapai hasil yang lebih optimal. Salah satu contohnya adalah terkait dengan *clash detection*.

2. Teknologi

Untuk integrasi berbasis BIM yang berhasil, harus memiliki strategi untuk menganalisis teknologi baru dan memilihnya. Hal ini menentukan seberapa gesit dan responsif nantinya terkait dengan pemilihan alat yang sesuai.

3. Kebiasaan

Perilaku adalah yang paling sulit untuk diubah, dari tiga komponen utama yang diperlukan untuk mengintegrasikan BIM dengan sukses. "BIM adalah 10 persen teknologi dan 90 persen sosiologi," kata Scott Simpson dari firma desain Kling Stubbins. Perubahan budaya dan cara kerja tim yang kolaboratif adalah inti dari BIM, yang tidak terbatas pada pengembangan perangkat lunak.

Penjadwalan

Project Management Institute, (2017) Penjadwalan proyek adalah rencana terperinci yang menunjukkan bagaimana dan kapan proyek akan mengirimkan produk, layanan, dan hasil yang ditetapkan. Penjadwalan proyek berfungsi sebagai alat untuk komunikasi, mengelola harapan, dan sebagai dasar untuk pelaporan kinerja. Setelah tim manajemen proyek memilih metode penjadwalan, seperti jalur kritis atau pendekatan gesit, kemudian memasukkan data khusus proyek, seperti kegiatan, tanggal, durasi, sumber daya, ketergantungan, dan batasan, ke dalam alat penjadwalan untuk membuat model jadwal proyek. Ini menghasilkan jadwal proyek.

Estimasi Durasi Pekerjaan

Estimasi Durasi Aktivitas adalah memberikan estimasi jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap aktivitas dengan memperkirakan jumlah sumber daya yang tersedia. Proses ini dilakukan sepanjang proyek (Project Management Institute, 2017).

$$Durasi = \frac{\text{Koef. Tenaga Kerja} \times \text{Volume}}{\text{Jumlah Tenaga Kerja}} \quad (1)$$

Rencana Tenaga Kerja

Project Management Institute, (2017) Optimalisasi sumber daya digunakan untuk menyesuaikan tanggal mulai dan selesai kegiatan untuk menyesuaikan penggunaan sumber daya yang direncanakan agar sama atau kurang dari ketersediaan sumber daya. Contoh teknik optimasi sumber daya yang dapat digunakan untuk menyesuaikan model jadwal karena permintaan dan pasokan sumber daya termasuk namun tidak terbatas pada *Resource Leveling*. Teknik ini dilakukan dengan

menyesuaikan tanggal mulai dan selesai berdasarkan keterbatasan sumber daya dengan tujuan menyeimbangkan permintaan sumber daya dengan pasokan yang tersedia. Perataan sumber daya dapat digunakan ketika sumber daya yang digunakan bersama atau sangat dibutuhkan hanya tersedia pada waktu tertentu atau dalam jumlah terbatas, atau dialokasikan secara berlebihan,

4D BIM

Pemodelan 4D BIM adalah metode visualisasi yang menggabungkan model bangunan 3D ke dalam timeline proyek, termasuk jadwal proyek, sumber daya, kuantitas, dan pentahapan proyek. Secara umum model 4D BIM diartikan sebagai model 3D dengan penambahan asosiasi waktu. Model 4D BIM memungkinkan visualisasi rangkaian aktivitas dalam kaitannya dengan komponen bangunan dan informasi "durasi hingga selesai" yang terkait dengan setiap komponen. Dengan demikian, dapat dianggap sebagai simulasi virtual dari proses konstruksi dari awal hingga akhir, dengan lokasi, sumber daya, dan informasi kemajuan. Hal ini dapat menjadi alat yang sangat berharga dalam beberapa kasus klaim penundaan. Simulasi kemajuan konstruksi, pada gilirannya, memberikan evaluasi kinerja proyek dari segi waktu dan biaya (Mubarak, 2015).

(Hardin & McCool, 2015) menyatakan bahwa 4D BIM memiliki bagan atau tabel yang canggih yang menunjukkan pekerjaan apa yang harus dilakukan dan berapa durasi yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek. Meskipun terdapat korelasi antara pekerjaan-pekerjaan dan komponen konstruksi yang tersirat, serta kurangnya hubungan langsung antara gambar, spesifikasi, dan jadwal konstruksi. Ketika pada proses desain sedang berjalan, manajer konstruksi dapat melihat gambar yang diperbarui untuk mengetahui apakah ada perubahan pada ruang lingkup dan elemen yang ditambahkan dalam desain. Hal ini mempermudah dalam memperbarui jadwal untuk menunjukkan adanya perubahan. Proses penyempurnaan jadwal sangat bergantung pada seberapa cepat manajer konstruksi memeriksa dokumen setiap saat dan menilai perkiraan ketersediaan sumber daya meliputi peralatan, jumlah material, dan faktor lainnya.

Hasil penjadwalan dan revisi tambahan merupakan bagian dari proyek yang membutuhkan banyak waktu, dan anggota tim bergantung pada keakuratannya untuk memastikan bahwa proyek dapat selesai tepat waktu.

Metode Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk penerapan konsep 4D BIM dengan kolaboratif model dalam rencana penjadwalan proyek pada tahap perencanaan pekerjaan struktur *groundsill*. Pemodelan 3D dari kondisi existing tanah menggunakan *software Plaxis 3D*, kemudian dikolaborasikan untuk memodelkan struktur gorundsill agar mendapatkan hasil model yang lebih akurat melalui *software Revit*. Setelah model 3D selesai kemudian dilanjutkan untuk perencanaan penjadwalan berbasis BIM dengan bantuan *software Bexel Manager*. Proses perencanaan penjadwalan dilakukan dengan mempertimbangkan alokasi sumber daya yang digunakan. Dari hasil penerapan ini didapat total durasi rencana pekerjaan, dan hasil penjadwalan dalam bentuk *gant chart* serta *line of balance*.

Pengumpulan Data

Pengolahan dari data proyek, berupa data kontur tanah, DED dan rencana jadwal *existing*, kemudian diklasifikasikan data tersebut sesuai dengan jenis pekerjaan yang dilanjutkan pemodelan 3D. Berikutnya mempersiapkan 3D model berupa permodelan kontur tanah dan model struktur.

Setelah model keseluruhan diselesaikan kemudian dilanjutkan dalam *Software Baxel Manager* untuk proses *schedulling*. Melalui *Baxel Manager* dapat menghasilkan output berupa *bar chart* dan *line of balance*.

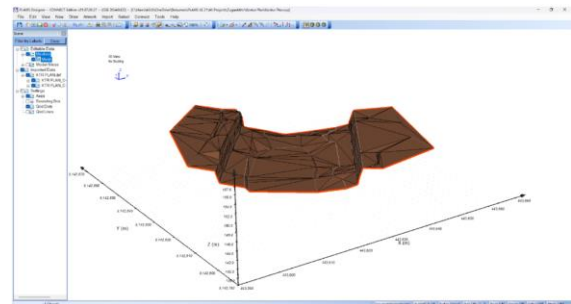
Bedasarkan 3D model yang telah dibuat dilakukan pemecahan pekerjaan (*breakdown*) pada tiap item pekerjaan untuk mengetahui hubungan keterkaitan antar pekerjaan. Setelah *breakdown* dilakukan, perhitungan produktivitas tiap pekerjaan dan durasi tiap pekerjaan. Setelah memiliki data yang dibutuhkan input data tersebut ke dalam *Baxel Manager* untuk mendapatkan hasil perencanaan penjadwalan berupa durasi total pekerjaan.

Analisis dan Pembahasan

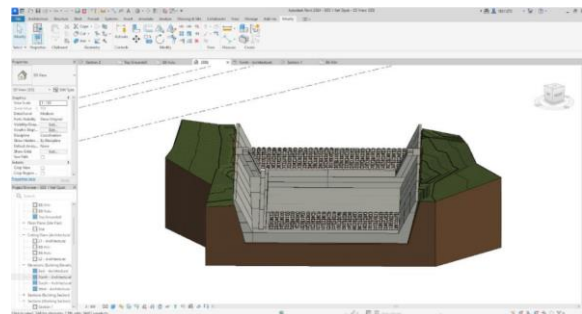
Analisis

3D Modelling

Pemodelan 3D dimulai dari pemodelan kontur tanah dengan menggunakan *Software Plaxis Designer*, selanjutnya dilakukan 3D Modeling model struktur *groundsill* dengan menggunakan *Software Revit 2024*. Berikut ilustrasi hasil modelling 3D.



Gambar 1. Model 3D Tanah Asli

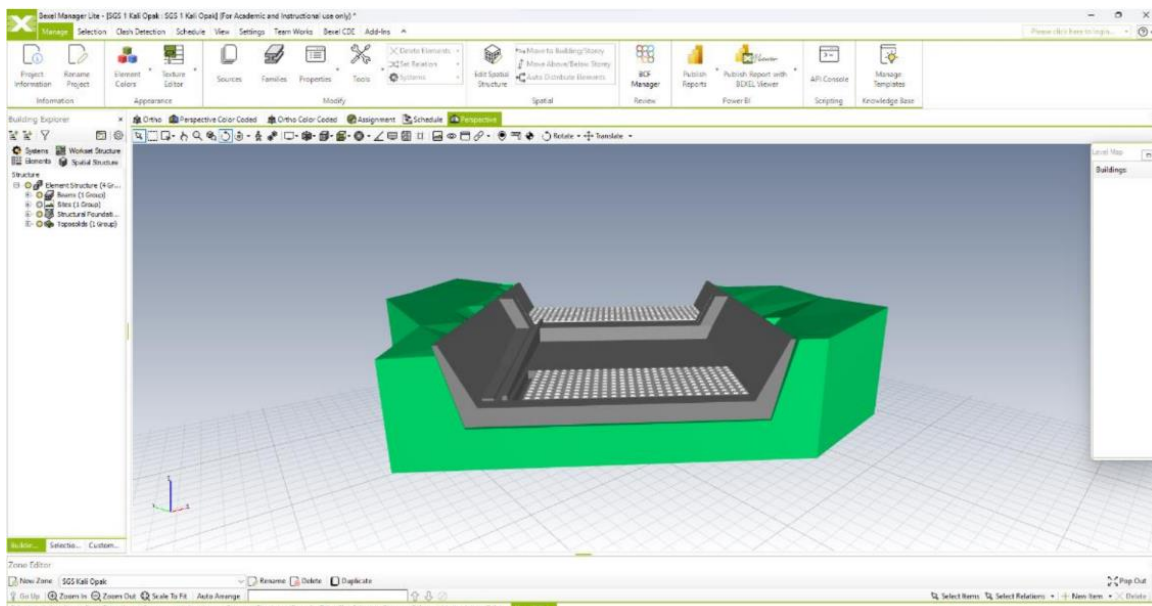


Gambar 2. Model 3D Struktur *Groundsill*

Model kontur tanah menggunakan *software Plaxis 3D*, yang selanjutnya menjadi dasar dalam pengembangan dan kolaborasi model pada *software Revit* untuk permodelan struktur *groundsill*. Dari hasil kolaborasi model ini didapat beberapa kendala Dimana transfer data dari *plaxis 3D* ke *revit* tidak dapat dilakukan langsung melalui file *ifc*.

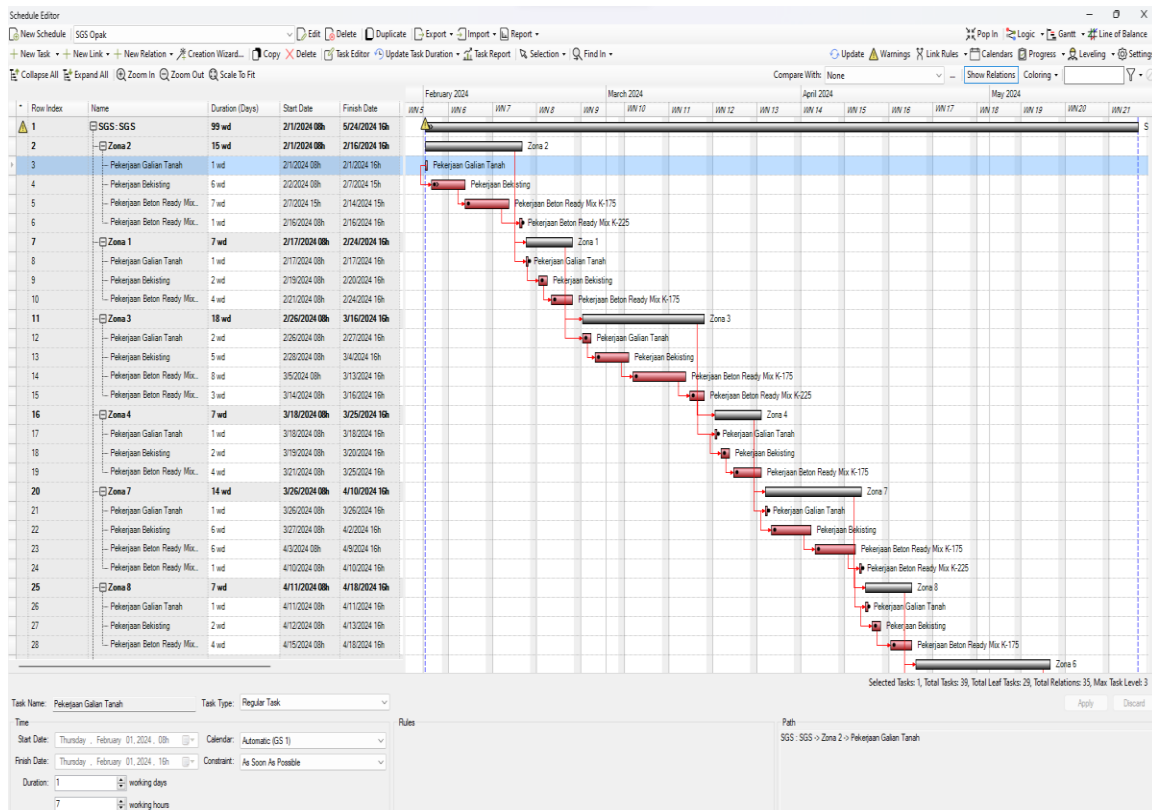
BIM 4D

Setelah melakukan implementasi 4D BIM pada proyek Pembangunan *Groundsill* Sungai Opak, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta didapatkan dokumen perencanaan penjadwalan pekerjaan struktur *groundsill* dengan *software Bexel Manager*.

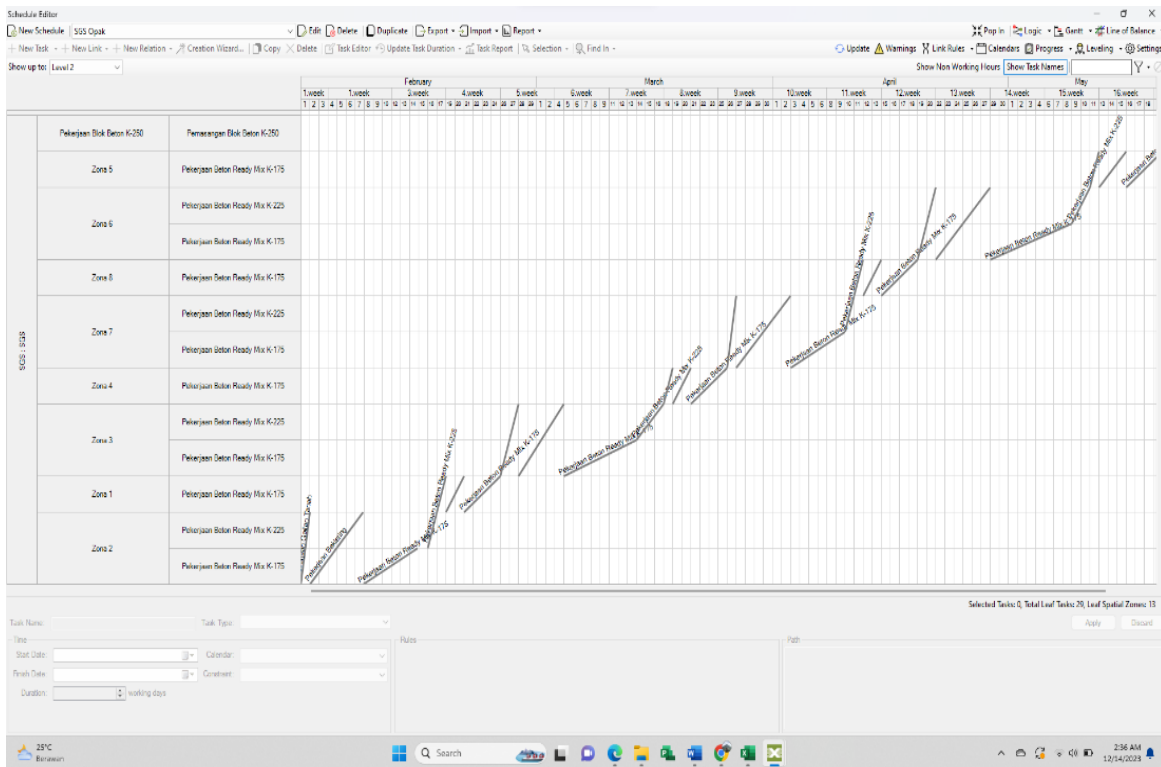


Gambar 3. Pengolahan BIM 4D dengan Bixel Manager

Penjadwalan menggunakan bantuan software Bixel Manager diperoleh luaran dalam bentuk penjadwalan *Gantt Chart* dan *Line of Balance* yang dapat dilihat pada Gambar (4) dan Gambar (5) sebagai berikut.



Gambar 4. Gantt Chart



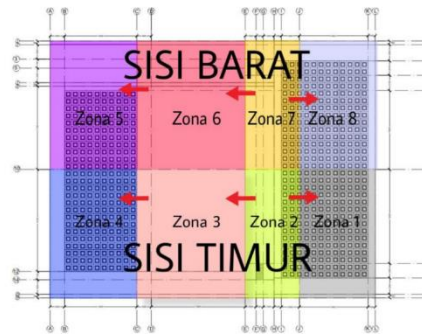
Gambar 5. Line of Balance

Jumlah total waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan setiap tugas atau pekerjaan secara umum dapat dilihat pada tampilan *gant chart* dan *line of balance* (Gambar 4 dan Gambar 5). Pada tampilan penjadwalan dengan *gant chart* atau *barchart* dan juga *line of balance* dapat dilihat dari keduanya telah menunjukkan urutan pekerjaan yang sesuai, tidak ditemukan *clash* atau bentrokan. Hasil ini kemudian dilanjutkan dengan melihat simulasi melalui video simulasi dari *Bexel Manager*.

Hasil perencanaan penjadwalan didapatkan total durasi 97 hari kerja. Hasil ini berbeda dengan jadwal *existing* yang ada diproyek dengan selisih 7 hari, Dimana pada jadwal data proyek total durasi sebesar 90 hari. Perbedaan ini di dapatkan karna adanya penyesuaian urutan pekerjaan dan durasi yang diakibatkan adanya pemerataan penggunaan sumber daya tenaga (*Resource Levelling*).

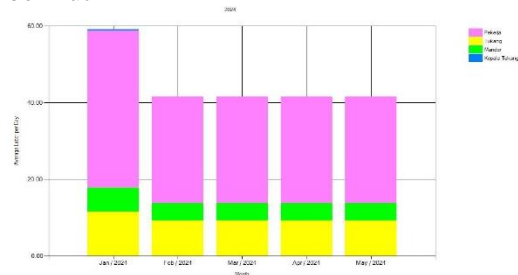
Urutan, tahapan, dan hubungan antar pekerjaan dilakukan penyesuaian dengan membagi zona pekerjaan. Pemilihan zona ini dibuat berdasarkan hasil diskusi dan wawancara dengan pihak kontraktor dengan tujuan mendapatkan rencana yang lebih

spesifik dan sesuai dengan target pelaksanaan. Hasil zona didapatkan menjadi 8 zona seperti gambar 6 berikut.



Gambar 6. Zona tahapan pekerjaan

Dalam proses analisis didapatkan kebutuhan tenaga kerja yang dapat dilihat pada gambar 7 berikut



Gambar 7. Resource Graph

Berdasarkan *resource graph* di atas jumlah tenaga kerja pada awal pembangunan meningkat. Untuk bulan selanjutnya tenaga kerja mulai menurun.

Pembahasan

Setelah melakukan implementasi 4D BIM pada Proyek Pembangunan *Groundsill* Kali Opak pada pekerjaan struktur *groundsill*, Daerah Istimewa Yogyakarta didapatkan beberapa point pembahasan sebagai berikut.

1. Proses Implementasi 4D BIM

Dalam penelitian ini untuk mendapatkan total durasi perencanaan penjadwalan dilakukan dengan cara mengintegrasikan 3D Model Base dengan kolaborasi model untuk model kontur tanah dan model struktur. Berdasarkan 3D Model Base yang telah di breakdown pekerjaan terlebih dahulu untuk mengetahui hubungan keterkaitan tiap pekerjaan. Hasil *breakdown* pekerjaan tersebut diimpor ke dalam Software Baxel Manager untuk kemudian pengisian *task manager*. Setelah diimpor ke dalam *task manager* pekerjaan dilakukan dalam *tools schedule editor* untuk memasukkan waktu awal pekerjaan dan sumber daya yang dibutuhkan dan akan secara otomatis diperoleh hasil scheduling *gantt chart* dan *line of balance*.

2. Resource Graph

Dalam analisis juga didapatkan *resource graph*, tenaga kerja yang digunakan sampai pada pemerataan sumberdaya yang ideal, Dimana tidak ada fluktuasi kebutuhan tenaga yang signifikan dalam rentang waktu pekerjaan.

3. Durasi Total

Durasi yang diterima dari data proyek 90 hari kerja dan durasi yang didapatkan setelah analisis perencanaan penjadwalan proyek pada pekerjaan struktur berbasis BIM adalah 97 hari kerja.

Selain itu, tidak adanya pedoman dan kerangka kerja standar untuk BIM 4D (Balaraman et al., 2023) dalam proses penyusunan penjadwalan ini. Hasil dari penerapan ini didapatkan 2 (dua) jenis tampilan penjadwala, selain itu juga dapat

dilihat video simulasinya. Dengan demikian hasil ini menunjukkan juga bahwa BIM 4D dapat menampilkan progress pada setiap pekerjaan, dan visualisasi 3D model yang dapat diatur dengan mudah dari skala bulanan hingga harian (Fikhoir et al., 2024).

Implementasi konsep BIM ini senada dengan hasil penelitian (Balaraman et al., 2023), dimana hasil ini dapat mendukung dan menjadi mekanisme dalam meningkatkan pendekatan manajemen proyek, dan memperkuat efisiensi operasional dalam pelaksanaan proyek. Selanjutnya, hasil ini menunjukkan adanya potensi pengembangan lebih lanjut dalam penerapan BIM. Selain itu, dapat lebih lanjut dilihat dampak pengintegrasian prinsip lean dengan BIM 4D, yang berpotensi menawarkan wawasan transformative lapangan (Mayouf et al., 2024).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai proses implementasi konsep 4D BIM (Building Information Modeling) dalam memperoleh durasi pada pekerjaan struktur *groundsill* dapat diambil kesimpulan bahwa hasil yang diperoleh menunjukkan terdapat perbedaan yaitu dengan implementasi konsep BIM diperoleh durasi total 97 hari kerja sedangkan pada proyek durasi total 90 hari pada pekerjaan struktur *groundsill*. Dalam penelitian ini hasil penjadwalan dalam bentuk 3D Model Base yang dihubungkan dengan rencana jadwal, sehingga menghasilkan 4D BIM dalam *Gantt Chart*, *Line of Balance* dan video simulasi.

Daftar Pustaka

- Abma, V., & Rachmawati, S. (2022). *Implementasi Konsep BIM 4D Dalam Perencanaan Time Schedule Dengan Analisis Resources Levelling*. November, 62–73.
- Afzal, M., & Shoaib, M. (2023). *Digital Twins : Facilitating Digital Transformation From and Beyond BIM in Construction*. 1–12.
- Balaraman, I. T., Shavarebi, K., Tanapal Balaraman, I., & Prof, A. (2023). *Effective implementation of 4d bim technology in public works department of malaysia*.
- Chiara De Falco, M., Ferrante, C., Presta, D., & Tosti, F. (n.d.). *BIM for infrastructure: an efficient process to achieve 4D and 5D*

- digital dimensions.*
- Ershadi, M., Davis, P., Jefferies, M., & Mojtahedi, M. (2021). Implementation of Building Information Modelling in infrastructure construction projects: a study of dimensions and strategies. *International Journal of Information Systems and Project Management*, 9(4), 43–59.
- Fikhoir, Y., Juwono, P. T., Cahya, E. N., (2024). Implementasi BIM 4D Pada Studi Penjadwalan Proyek Rehabilitasi Spillway Bendungan Pacal Di Bojonegoro. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 04(01), 581–590.
- Hardin, B., & McCool, D. (2015). *BIM and Construction Management* (6th ed.). SYBEX A Wiley Brand.
- Lester, A. (2017). *Project Management, Planning and Control* (A. Garcia (ed.); 7th Editio). Joe Hayton.
- Mayouf, M., Jones, J., Elghaish, F., Emam, H., Ekanayake, E. M. A. C., & Ashayeri, I. (2024). *Revolutionising the 4D BIM Process to Support Scheduling Requirements in Modular Construction. Sustainability*, 16(2), 476.
- Mubarak, S. (2015). *Construction Project Scheduling and Control* (Wiley (ed.); 3rd ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Project Management Institute, & Project Management Institute. (n.d.). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide)*.
- Rifqi, A. (2022). Implementasi Konep BIM 4D Tahap Perencanaan Dalam Percepatan Waktu Pada Pekerjaan Struktural Gedung 3 Lantai. *Universitas Islam Indonesia*.
- Sustiawan, F., & Husin, A. E. (2021). *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil Analisa RII (Relative Important Index) Terhadap Faktor-Faktor yang Berpengaruh dalam Mengimplementasikan BIM 4D dan M-PERT pada Pekerjaan Struktur Bangunan Hunian Bertingkat Tinggi* (Vol. 19, Issue 4).
- Sutopo, Y., & Saputro, A. E. (2020). Groundsill stability in downstream of bridge “besi” in body of water at River Garang Semarang city, Indonesia. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 830(2).
- Tidar S, M., & Nuranto, S. (2023). *Implementasi Building Information Modelling (BIM) Pada Evaluasi Pelaksanaan Tanggul Jetty Terhadap Nilai Stabilitas Tanggul Jetty Timur Muara Sungai Bogowonto, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi DIY*. Universitas Gajah Mada.