

Penerapan BIM 4D dalam perencanaan penjadwalan pada pekerjaan struktur jembatan

Guntur Saddam Saputra¹, Vendie Abma^{2,*}

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

² Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

Article Info

Available online

Abstract

Currently, many project scheduling plans are still done conventionally, often resulting in errors due to a lack of precision. The development of the construction industry has prompted construction practitioners to adopt a technology system known as Building Information Modeling (BIM). This system is a 3D representation of a construction project that includes various essential information in the planning, design, implementation, control, and maintenance stages. To support the concept of BIM in the scheduling of bridge structure work, supporting software called Vico Office is needed. This research aims to determine the 4D BIM output in the form of scheduling planning for bridge structure. It begins by preparing a digital (3D) model using Tekla Structure. Next, the model is integrated into Vico Office for the scheduling process (4D). The concept of 4D refers to project scheduling based on the 3D model. To obtain the scheduling plan, work breakdown and activity duration estimation are performed using Ms. Excel software. These calculations are done considering the work volume obtained from Vico Office. The relationship between the interdependencies of the planned schedule and the 3D model of the bridge structure is already directly integrated. This research applies the BIM concept to obtain scheduling planning. From the scheduling plan results, differences between the two methods are evident. The conventional method shows a total duration of 270 days, while with the use of BIM, the obtained duration is 284 days.

Keywords:

BIM
4D BIM
Structure
Bridge
Duration Estimation
Scheduling
Tekla Structure
Vico Office

Corresponding Author:

Vendie Abma
vendie.abma@uii.ac.id

Copyright © 2023 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

Pendahuluan

Perkembangan teknologi dari masa ke masa tidak ada habisnya dan terus berkembang ke arah yang lebih canggih, perkembangan teknologi didasarkan oleh inovasi dan kreativitas manusia seiring perkembangan zaman. Dalam industri arsitektur, engineer, dan construction (AEC) sudah lama mencari metode guna meningkatkan efisiensi mutu, waktu, hingga biaya

proyek. Building Information Modeling (BIM) salah satu teknik guna mencapai sasaran tersebut.

Czmoch dan Pekala (2014) dalam bukunya menuliskan, penggunaan teknologi BIM mulai dari bentuk 3D hingga 7D memiliki output yang berbeda. Dalam penggunaan 3D BIM menghasilkan komponen geometri berupa panjang, lebar, dan tinggi. Dalam penerapan 4D menghasilkan penjadwalan yang terintegrasi dengan elemen waktu. Berkembang menjadi 5D BIM untuk

melakukan estimasi biaya. Dengan teknologi 6D BIM dapat merencanakan kinerja bangunan dengan analisis energi dan mempertimbangkan dampaknya terhadap lingkungan sekitar. Teknologi BIM meningkat menjadi 7D apabila digunakan owner sebagai manajemen fasilitas dengan output perawatan dan operasional.

Jadwal kerja sangat penting dalam pemantauan dan pengendalian proyek konstruksi (Tserng, Ho dan Jan, 2014). Pada dasarnya proses ini dilakukan secara manual/ konvensional dan cenderung memakan waktu lebih, memberikan informasi-informasi yang tidak konsisten, mengakibatkan keterlambatan pelaksanaan dan kenaikan biaya. Dalam pelaksanaan konstruksi sipil berbasis *Building Information Modeling* (BIM) telah diusulkan sebagai solusi teknologi dari masalah tersebut untuk mengoptimalkan efisiensi pekerjaan dan meminimalkan kesalahan (Saini dan Mhaske, 2013).

Perencanaan penjadwalan proyek konstruksi harus dilakukan secara tepat agar saat proses pelaksanaan proyek tersebut lebih terkendali dan tepat waktu. Penggunaan BIM 4D mendukung perencanaan penjadwalan yang lebih akurat dengan melakukan analisis yang diperoleh dari model geometris dan elemen-elemen terkait (Khatei, dkk, 2020)

Pemodelan secara 3D pada struktur jembatan beton menggunakan aplikasi *Tekla Structures* dan menghasilkan informasi pemodelan 3D secara

lengkap dan rinci pada struktur beton jembatan berbasis BIM (Wijaya, 2019). Pada studi ini dilakukan perencanaan penjadwalan dengan BIM 4D pada pekerjaan struktur beton jembatan di Proyek Jalan Baru Planjan-Baron-Tepus Kabupaten Gunungkidul, Yogyakarta.

Landasan Teori

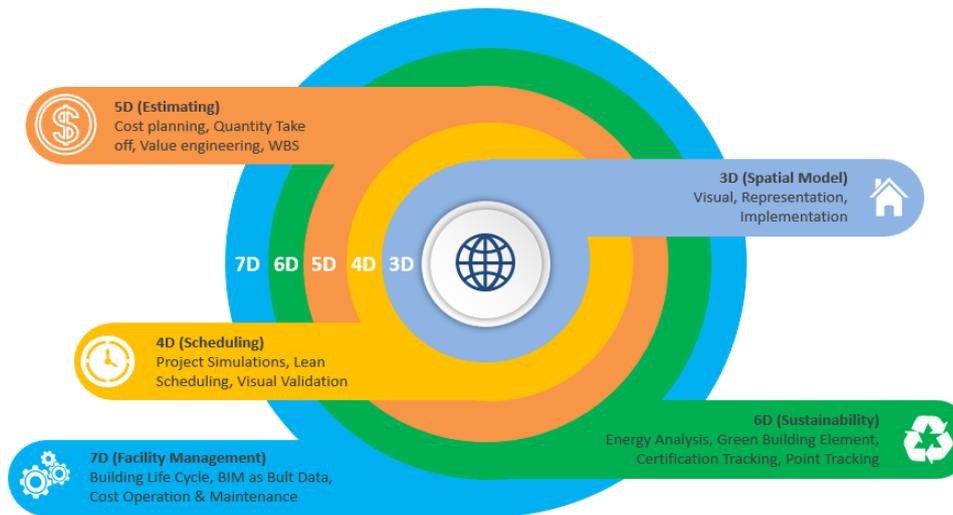
Building Information Modeling (BIM)

Manajemen merupakan suatu ilmu pengetahuan mengenai seni dalam organisasi yang meliputi kegiatan perencanaan, pelaksanaan, dan pengendalian terhadap sumber daya yang terbatas dalam usaha guna mencapai tujuan dan sasaran yang efektif dan efisien.

Eastman C, dkk (2008) di dalam bukunya yang berjudul "*A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*" menjelaskan bahwa *Building Information Modeling* adalah salah satu perkembangan teknologi dalam industri *Architecture, Engineering, and Construction* (AEC). Teknologi *Building Information Modeling* (BIM) dapat memodelkan sebuah bangunan secara virtual dan akurat dalam bentuk konstruksi digital.

Dimensi Konstruksi Pada BIM

PUPR (2018) BIM dalam alir kerja memiliki tahapan (dimensi) yang menggambarkan tingkatan implementasi terhadap proses konstruksi. Secara umum terdapat 5 tahapan (dimensi), yaitu 3D *Bim / Parametric Data for Collaborative Work*, 4D *BIM / Scheduling*, 5D *BIM / Estimating*, 6D *BIM / Sustainability*, 7D *BIM / Building Management*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar (1) sebagai berikut.



Gambar 1. Dimensi BIM

Proses Implementasi BIM pada Proyek Konstruksi

Proses implementasi BIM disajikan dalam outline mengenai apa saja

deliverable yang harus disajikan dalam setiap tahapan pelaksanaan BIM pada setiap proyek yang akan dilaksanakan. Contoh outline deliverable dapat dilihat pada Tabel (1) sebagai berikut.

Tabel 1. Tahapan dan Keluaran BIM

Tahap	Keluaran
1. Persiapan dan Konsep Desain	<ul style="list-style-type: none"> a. Profil tanah dan pemilihan pondasi. b. Pemakaian material: beton, baja, aluminium, dll. c. Metode konstruksi in-situ, precast, prefab, dll. d. Kode desain yang akan dipakai (ACI, BS, EN, dll).
2. Desain Skematik (Perancangan)	<ul style="list-style-type: none"> a. <i>Preliminary</i> model berdasarkan model massa dari ARS. b. Kriteria desain, pilihan rangka, dan alternatif desain. c. <i>Preliminary structural analytic model</i>. d. <i>Preliminary design coordinator report</i> (model arsitektur dan struktur). e. <i>Preliminary cost estimate</i> untuk model struktur.
3. <i>Detailed Engineering Design</i>	<ul style="list-style-type: none"> a. Model struktur final untuk <i>submission drawings</i>. b. Laporan final analisis struktural dan kalkulasi. c. Laporan <i>clash detection</i> dan resolusinya (ARS, STR, dan MEP). d. <i>Spatial validation report</i>. e. <i>Detailed cost estimation</i>, BQ, dokumen tender.
4. Konstruksi	<ul style="list-style-type: none"> a. Laporan validasi desain. b. Resolusi atas RFI dan <i>constructability report</i>. c. <i>Shop drawing and fabrication drawing</i>. d. <i>Single Service Drawing (SSD) and Combined Service Drawing (CSD)</i>. e. <i>Detailed schedule material</i> dan kuantitas.
5. <i>As built</i>	<ul style="list-style-type: none"> a. <i>As constructed drawing</i> dari konstultan. b. Cek verifikasi melalui laser, <i>scanner</i>, data suvei, dll.
6. Management fasilitas	<ul style="list-style-type: none"> a. <i>As built</i> model struktur.

(sumber: BIM Essential Guide for Structural Consultant, BCA Singapore, 2013)

4D Building Information Modeling

BIM 4D merupakan proses menambahkan dimensi informasi tambahan dalam model berbentuk data penjadwalan. Data ini akan ditambahkan ke komponen yang dibuat secara detail saat proyek berlangsung. Informasi yang diperoleh dapat digunakan untuk memperoleh informasi program yang akurat serta visualisasi yang menunjukkan bagaimana proyek berkembang secara berurutan. Informasi terkait waktu untuk item tertentu yang mencakup informasi mengenai waktu tunggu, waktu yang dibutuhkan untuk memasang/ membangun, waktu yang dibutuhkan untuk mengoperasikan, urutan dimana komponen harus dipasang, dan ketergantungan pada area lain di proyek. BIM 4D umumnya digunakan untuk simulasi urutan konstruksi serta deteksi bentrok antar elemen proyek (Khatei, dkk, 2020).

Optimalisasi penjadwalan proyek sangat penting untuk mengeksplorasi semua sumber daya dengan biaya minimum dan sesuai dengan waktu yang disepakati. Sehingga diperlukan alat yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan durasi proyek dan meratakan sumber daya (Elghaish, F, dkk, 2021).

Elghaish dan Abrishami (2020) mengembangkan filosofi baru untuk mengembangkan perencanaan penjadwalan dalam model BIM 4D. Pustaka BIM dari aktivitas proyek dikembangkan untuk memungkinkan otomatisasi pembuatan jadwal proyek dengan menghubungkan desain BIM 3D.

Altun dan Akcamete (2019) mengusulkan sebuah metode BIM 4D dengan memanfaatkan metode dua fase di mana pada fase pertama, sistem menghasilkan ID tugas dan

menugaskannya ke aktivitas di lingkungan BIM dan di fase kedua, dengan menetapkan ID tugas yang sama ke daftar rencana jadwal yang sesuai secara otomatis, kemudian ID tugas yang dihasilkan digunakan untuk pemetaan antara model dan rencana jadwal secara otomatis selama pembuatan BIM 4D.

Tenaga Kerja

Soeharto (2001) menyatakan yang dimaksud dengan perencanaan sumber daya adalah proses mengidentifikasi jenis dan jumlah sumber daya sesuai jadwal keperluan yang telah ditetapkan. Perencanaan tersebut bertujuan untuk mengusahakan agar sumber daya yang dibutuhkan tersedia tepat waktu, tidak boleh terlalu awal maupun terlambat, karena keduanya sumber pemborosan. Perhitungan tenaga kerja dapat dilihat pada rumus berikut ini.

$$N = \frac{k \times V}{T} \quad (1)$$

Keterangan:

N = jumlah tenaga kerja

K = koefisien tenaga kerja sesuai SNI 2022

V = volume pekerjaan

T = durasi pekerjaan

Metode Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh hasil penerapan konsep BIM 4D pada tahap perencanaan penjadwalan pada pekerjaan struktur beton jembatan.

Pengumpulan data

Pelaksanaan pengumpulan data pada penelitian ini di mulai dengan mengambil data sekunder pada Proyek Pembangunan Jalan Baru Planjan-Baron-Tepus, Gunungkidul, DIY. Data proyek

tersebut didapatkan secara langsung dari kontraktor pelaksana. Sehingga data yang diperoleh adalah data DED (*Detailed Engineering Design*) dan dokumen penjadwalan proyek.

Teknik analisis data

Setelah data pada proyek yang dibutuhkan terkumpul, langkah selanjutnya adalah mengolah data, dengan mengklasifikasikan data informasi proyek sesuai dengan jenis pekerjaan yang akan dimodelkan. Berikutnya mempersiapkan 3D model base *Tekla Structure* ke dalam *Vico Office*. Melalui *Vico Office* dapat menghasilkan *output* berupa *quantity takeoff* / volume pekerjaan dan durasi total terhadap model base yang telah terintegrasi.

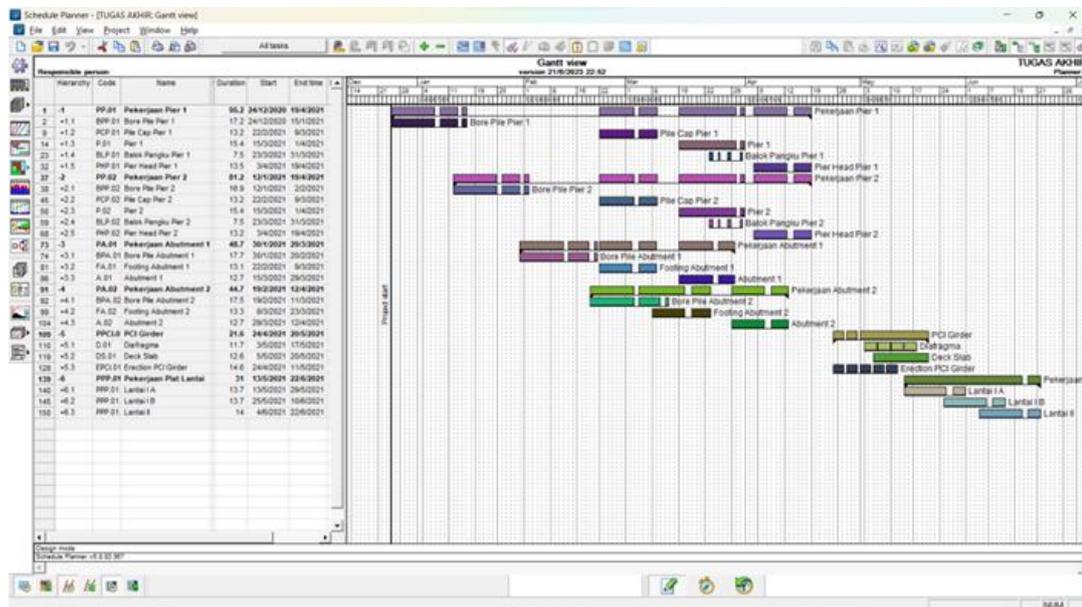
Berdasarkan 3D model base yang telah dibuat dilakukan pemecahan pekerjaan (*breakdown*) pada tiap item pekerjaannya

untuk mengetahui hubungan keterkaitan antar pekerjaan. Setelah *breakdown* dilakukan, perhitungan alokasi tenaga kerja yang dibutuhkan. Setelah memiliki data yang dibutuhkan input data tersebut ke dalam *Vico Office* untuk mendapatkan hasil perencanaan penjadwalan berupa durasi total pekerjaan.

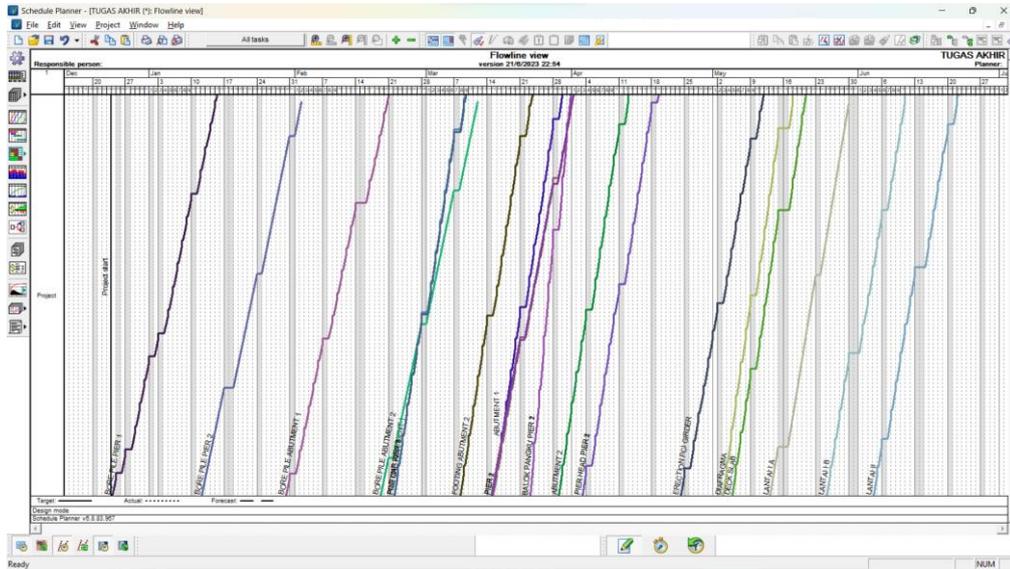
Analisis dan Pembahasan

Analisis

Setelah melakukan implementasi 4D BIM pada Proyek Pembangunan Jalan Baru Planjan-Baron-Tepus pada pekerjaan struktur jembatan Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta didapatkan dokumen perencanaan penjadwalan pekerjaan struktur dalam bentuk *Gantt Chart* dan *Flowline* yang dapat dilihat pada Gambar (2) dan Gambar (3) sebagai berikut.



Gambar 2. Gantt Chart View



Gambar 3. Flowline View

Berdasarkan tampilan *gant chart* di atas dapat diketahui durasi total dan durasi tiap pekerjaan yang dilakukan. Berdasarkan rekap hasil

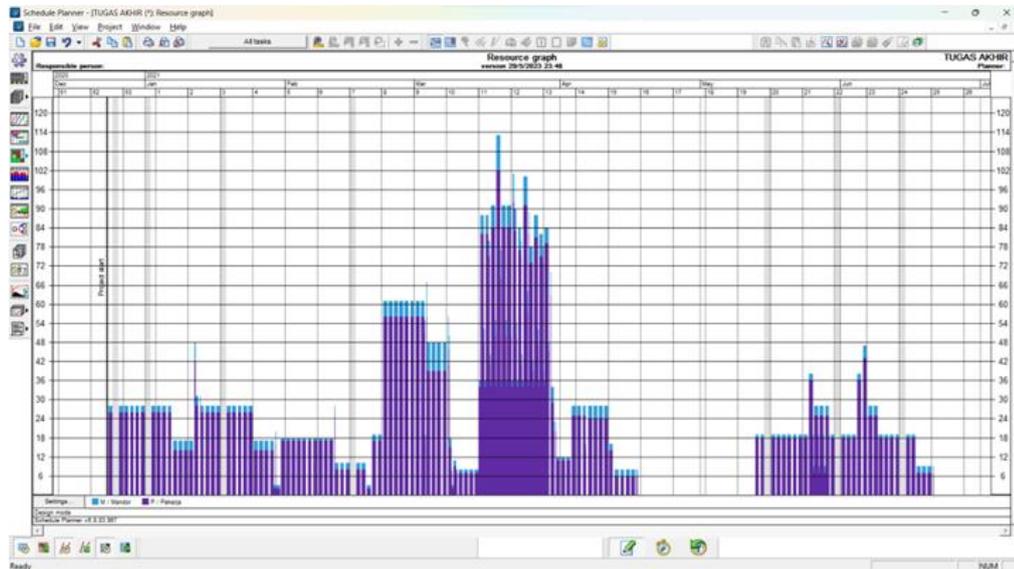
durasi dari *gant chart* didapatkan perbedaan hasil yang dapat dilihat pada Tabel (2) sebagai berikut.

Tabel 2. Tabel Perbandingan Durasi Pekerjaan Struktur

No.	Uraian Pekerjaan	Durasi Data Proyek (Hari)	Durasi Analisis (Hari)
	Total Durasi	270	284
I	Pekerjaan Bore Pile	80	70
II	Pekerjaan Pile Cap	40	53
III	Pekerjaan Pier / Abutment	40	57
IV	Pekerjaan Pier Head	40	27
V	Pekerjaan Erection Girder / Bearing Pad	30	35
VI	Pekerjaan Lantai / Expantion Joint	40	42

Berdasarkan tabel perbandingan di atas setelah diolah dan disusun penjadwalannya didapatkan 284 hari kerja berdasarkan analisis penelitian.

Selama melakukan analisis didapatkan juga hasil kebutuhan tenaga kerja dalam bentuk diagram tenaga kerja. *Resource graph* yang didapatkan berupa jumlah pekerja dan mandor yang dapat dilihat pada Gambar 4 berikut;



Gambar 4. Jumlah Tenaga Pekerja

Berdasarkan *resource graph* di atas jumlah tenaga kerja dan mandor pada awal pembangunan relatif memiliki jumlah tenaga yang sama, tenaga kerja mulai meningkat pada minggu ke-8 dan peningkatan signifikan terjadi pada minggu ke-11 dan ke-12. Pada minggu ke-11 dan ke-12 terdapat banyak overlap pekerjaan yang dilakukan.

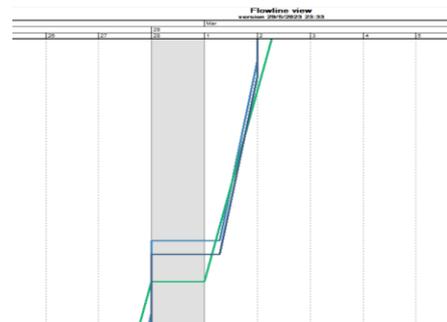
Pembahasan

Setelah melakukan implementasi 4D BIM pada Proyek Pembangunan Jalan Baru Planjan-Baron-Tepus pada pekerjaan struktur jembatan Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta didapatkan beberapa point pembahasan sebagai berikut.

1. Proses Implementasi 4D BIM

Dalam studi ini untuk mendapatkan total durasi perencanaan penjadwalan dilakukan dengan cara mengintegrasikan 3D Model Base yang telah dibuat sebelumnya. Berdasarkan 3D Model Base yang ada dilakukan breakdown pekerjaan terlebih dahulu untuk mengetahui

hubungan keterkaitan tiap pekerjaan. Setelah di breakdown dengan bantuan Ms. Excel, hasil breakdown pekerjaan tersebut diimpor ke dalam Vico Office untuk mengisi *task manager*. Setelah di impor ke dalam *task manager* pekerjaan dilakukan dalam tools scheduling untuk memasukkan waktu awal pekerjaan dan sumber daya yang dibutuhkan dan akan otomatis terinput pada *gantt chart* dan *flowline*. Apabila terjadi *overlap* pekerjaan, dalam *flowline view* akan ada garis yang bersinggungan seolah terjadi *clash*. Garis tersebut dapat terjadi akibat adanya *overlap* pekerjaan di waktu yang bersamaan namun berbeda lokasi pekerjaannya dan tenaga kerja yang digunakan juga berbeda. seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5, sebagai berikut.



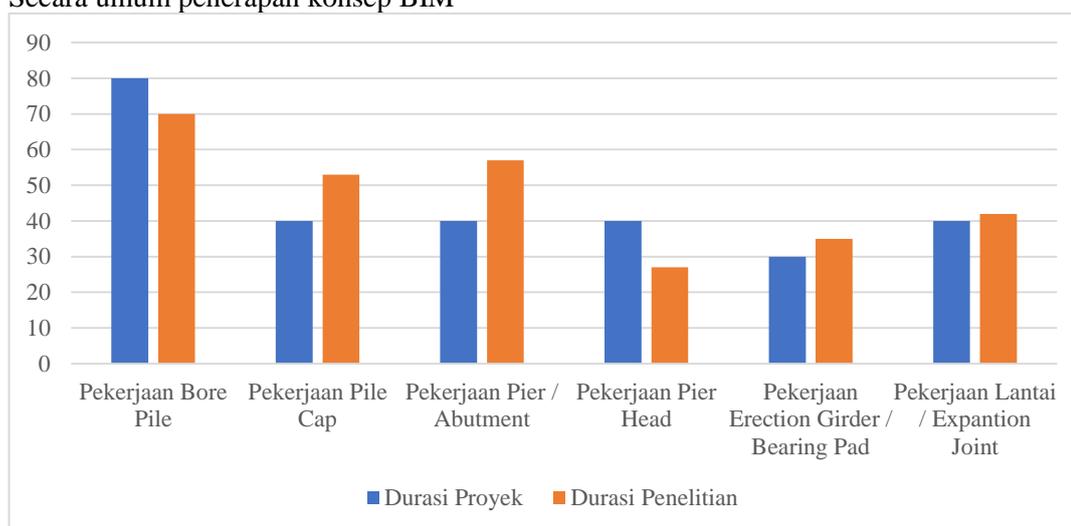
Gambar 5. Cross Section Pada Flowline View

Gambar diatas merupakan contoh cross section yang terjadi pada pekerjaan bore pile abutment 2, footing abutment 1, dan pile cap pier 1 dan 2. Cross section yang terjadi pada pekerjaan lain memiliki arti yang sama. Dalam proses ini BIM terbukti dapat meningkatkan efisiensi proyek. Namun, senada dengan hasil penelitian Pantiga dan Soekiman (2021) dimana dalam implementasinya beberapa kendala BIM di Indonesia ditemukan paling banyak pada aspek proses, perubahan budaya kerja, kurangnya wawasan, ketidakcocokan software, dan prosedur operasional yang kompleks. Secara umum penerapan konsep BIM

ini senada dengan hasil penelitian Ramdani (2021), didapatkan simulasi penjadwalan proyek yang terintegrasi antara model (3D), scheduling (4D)

1. Durasi Total Pekerjaan

Durasi yang diterima dari data proyek 270 hari kerja dan durasi yang didapatkan setelah analisis perencanaan penjadwalan proyek pada pekerjaan struktur berbasis BIM adalah 284 hari kerja. Perbandingan durasi tiap pekerjaan dapat dilihat pada Gambar (7) sebagai berikut.



Gambar 7 Grafik Perbandingan Durasi Pekerjaan

Dalam perbandingan perbedaan durasi total 10 hari kerja. Perbedaan durasi yang cukup signifikan berdasarkan persentase terlihat pada pekerjaan *pier head* dengan selisih waktu 13 hari kerja atau selisih 32.50%, hal ini terjadi karena pada saat melakukan perencanaan menggunakan batasan waktu maksimal untuk pekerjaan adalah 10 hari kerja. Batasan waktu ini dipilih dengan mempertimbangkan durasi total tiap pekerjaan yang didapatkan dari data proyek dengan jumlah

kebutuhan tenaga kerja yang nantinya akan menyesuaikan. Untuk tiap pekerjaan lainnya digunakan metode yang sama, yaitu dengan batasan hari kerja.

Dengan BIM dapat menjadi landasan bagi semua praktisi proyek untuk dapat mengestimasi rencana kerja secara akurat dan cepat (Fazeli. A, dkk, 2022). Selain itu, manfaat implementasi BIM 4D memiliki dampak yang lebih besar untuk memperbaiki jadwal dan proses manajemen (Piselina, 2020)

Dalam analisis juga didapatkan *resource graph* tenaga kerja, yang mana dapat terlihat pada Gambar 4 menunjukkan tenaga yang digunakan terlihat fluktuatif dan naik cukup signifikan dalam minggu pertama ke minggu kedua pekerjaan, hal ini karena pada minggu kedua dan ketiga pada bulan Maret terjadi berbagai *overlap* pekerjaan untuk menyelesaikan target waktu yang telah ditentukan, *overlap* pekerjaan dilihat dalam *gantt chart view*.

Untuk penjadwalan yang lebih optimal, perlu dilakukan analisis lebih lanjut untuk pemerataan sumber daya tenaga kerja yang juga mempertimbangkan batasan ketersediaannya. Pemerataan tenaga kerja dapat dilakukan secara otomatis maupun manual (Rachmawati, 2022). Selain itu, pengelolaan sumber daya tenaga kerja juga dapat dioptimalkan untuk melakukan percepatan waktu (Pratama, 2022).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi mengenai penjadwalan proyek dengan BIM 4D didapatkan durasi total 284 hari kerja sedangkan pada data proyek durasi total 270 hari untuk pekerjaan struktur jembatan. Dengan penerapan BIM 4D didapatkan hasil penjadwalan yang terintegrasi antara 3D Model Base dengan rencana jadwal BIM 4D yang dapat dilihat dalam bentuk *Gantt Chart* dan *Flowline*.

Daftar Pustaka

Altun, M., & Akcamete, A. (2019). A Method for Facilitating 4D Modeling by Automating Task Information Generation and Mapping. *Advances in Informatics and Computing in Civil and Construction Engineering*, 479–486.

Czmoch, I., & Pękala, A. (2014). Traditional design. *Procedia Engineering*, 91, 210-215.

Eastman, C., Teichilz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2008). *A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designer, Engineers, and Contractors*. New Jersey: John Wiley and Sons, Inc.

Elghaish, F., dkk (2021). Cash flow system development framework within integrated project delivery (IPD) using BIM tools. *International Journal of Construction Management*, 21(6).

Fazeli, A., dkk (2021). An Integrated BIM-Based Approach for Cost Estimation in Construction Projects.

Khataei, S., Akcamete, A., & Sonmez, R. (2020). 4D BIM Integrated Productivity Estimation of Construction Projects Introduction & Literature Review. November, 12–14.

Pantiga, J., & Soekiman, A. (2021). Kajian Implementasi Building Information Modeling. 104-110.

PUPR. (2018). *Prinsip Dasar Sistem Teknologi BIM dan Implementasinya di Indonesia*. Kementrian PUPR.

Ramdani, I. (2021). *Analisa 2D, 3D, 4D, dan 5D Gedung Mengguankan Aplikasi Vico Office*. Sukabumi: Universitas Nusa Putra.

Saini, & Mhaske. (2013). BIM an Emerging Technology in AEC Industry for Time Vol. 2, No. 4. *International Journal of Structural and Civil Engineering*, 195-200.

Tserng, Ho, & Jan. (2013). Enhancing Knowledge Sharing Management Using BIM Technology in Construction. *The Scientific World Journal*.

Wijaya, B. S. (2019). *Pemodelan 3D Struktur Jembatan Beton Menggunakan Aplikasi Tekla Structure*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.