

INTEGRASI METODE *LEAN CONSTRUCTION* DAN BIM 4D PADA PROYEK RENOVASI GEDUNG PEMERINTAH LHOKSEUMAWE ACEH UNTUK MENINGKATKAN KINERJA WAKTU

Heru Andraiko^{1*}, Paksi Dwiyanto¹, Waode Citra¹

¹⁾ Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mercubuana

^{*})email: andraiko@mercubuana.ac.id

Diterima : 8 Desember 2022
Direvisi : 17 Maret 2023

Disetujui : 25 Maret 2023
Diterbitkan : 31 Mei 2023

Abstract: *Delays are the most common thing in the implementation of the construction process, especially for government projects in Indonesia, both single-year and multi-year contracts. This research case study was conducted on a government building renovation project in Lhokseumawe, Aceh. This renovation project experienced a significant delay of 32.37% behind schedule in the 39th week of September 2022, or the 9th month of a 22-month work contract. The cause of the delay was a lack of communication flow between the parties involved, delays in the permitting process for rooms that were still in operation, and design modifications during the construction process. Given these circumstances, innovation is required to keep up with the progress of physical work in the field. Integration of lean construction and 4D building information modeling is a solution to overcome the risk of delays in construction projects, especially building construction. This research discusses the implementation of several tools from lean construction that are integrated with BIM 4D to improve performance during government building renovation projects in Lhokseumawe Aceh. The tools used for lean construction are the last planner system, daily huddles, and visible site management. 3-D modeling is used in BIM 4D to see building visualizations and work volume calculations. The research methodology uses primary data collection techniques from implementing contractors. The data obtained is a copy of the SPK, plan schedule, S-curve monitoring, shop drawings, and monthly progress reports. Secondary data was taken from literature studies in the form of books, journals, and scientific articles on the application of the lean construction method and the use of BIM 4D tools. And from this case study research, the results showed an increase in time performance of 32.57% in a span of 38 weeks, where the progress in the 77th week was ahead of 0.2%.*

Keywords : *Lean Construction, BIM 4D, Time Performance, Integration, Renovation*

Abstrak: Keterlambatan menjadi hal yang paling sering terjadi dalam pelaksanaan proses konstruksi terutama pada proyek-proyek pemerintah di Indonesia, baik itu kontrak yang bersifat *single years* maupun *multi years*. Studi kasus penelitian ini dilakukan pada proyek renovasi gedung pemerintah di Lhokseumawe Aceh. Proyek renovasi ini telah mengalami keterlambatan yang cukup signifikan sebesar -32,37 % pada minggu ke 39 di bulan September 2022 atau bulan ke 9 dari kontrak kerja selama 22 bulan. Penyebab keterlambatan disebabkan karena belum adanya flow komunikasi para pihak yang terlibat, terhambatnya proses perijinan ruangan yang masih beroperasi, dan modifikasi desain selama proses konstruksi berlangsung. Melihat kondisi tersebut diperlukan inovasi untuk mengejar semua ketertinggalan progres pekerjaan fisik di lapangan. Integrasi *lean construction* dan *building information modeling* 4D merupakan salah satu solusi untuk mengatasi risiko keterlambatan proyek konstruksi terutama pada konstruksi bangunan gedung. Penelitian ini membahas tentang implementasi beberapa *tools* dari *lean construction* yang akan diintegrasikan dengan BIM 4D untuk meningkatkan kinerja waktu proyek renovasi gedung pemerintah di Lhokseumawe Aceh. *Tools* yang digunakan dari *lean construction* adalah *last planner system*, *daily huddles*, dan *visible site management*. Dari BIM 4D digunakan pemodelan 3 dimensi untuk melihat visualisasi bangunan dan perhitungan volume pekerjaan. Metodologi penelitian ini menggunakan teknik pengumpulan data *primer* yang didapatkan dari kontraktor pelaksana. Data-data yang didapat adalah salinan SPK, *schedule* rencana, monitoring kurva S, gambar kerja, dan laporan *progress* bulanan. Data *sekunder* diambil dari *study literature* berupa buku, jurnal dan artikel ilmiah tentang penerapan metode *lean construction* dan penggunaan *tools* BIM 4D. Dan dari penelitian studi kasus ini didapatkan hasil peningkatan kinerja waktu sebesar 32,57 % dalam rentang waktu 38 minggu yang mana progres pada minggu ke -77 *ahead* sebesar 0,2 %.

Kata kunci : *Lean Construction*, BIM 4D, Kinerja Waktu, Integrasi, Renovasi.

1. PENDAHULUAN

Keterlambatan dalam proyek konstruksi merupakan masalah fenomena global. Di Indonesia, keterlambatan ini menjadi masalah klasik yang sering terjadi di setiap proyek konstruksi. Dalam pelaksanaan proyek sering mengalami kendala komunikasi para pihak yang terlibat di lapangan. Ada permintaan yang signifikan dan selalu berkembang terhadap berbagai aspek data desain dan konstruksi untuk dibagikan kepada *stakeholder* yang terlibat selama proses desain dan konstruksi. Misalnya, seorang arsitek, insinyur struktur, dan seorang konstruktor memerlukan *tools* yang berbeda untuk membuat, memanipulasi, menganalisis, dan menerangkan data bangunan dan model data yang berbeda untuk mencapai tujuan khusus mereka [1]. Kendala tersebut menjadi penyebab terlambatnya pelaksanaan proyek, sehingga proyek tersebut tidak berlangsung sesuai rencana target penyelesaian. Dari 52 proyek yang ditargetkan selesai tahun 2017, hanya 30 proyek yang diselesaikan tuntas tepat waktu oleh penyedia jasa [2]. Sisa 22 proyek konstruksi yang masih berjalan akan segera dituntaskan pada tahun 2018 sebagai upaya dalam percepatan pembangunan infrastruktur nasional. Berdasarkan data yang diambil pada salah satu perusahaan konstruksi nasional yang merupakan Badan Usaha Milik Negara, dari total 10 proyek konstruksi bangunan gedung yang dikerjakan tahun anggaran 2020, 8 proyek diantaranya mengalami keterlambatan dengan deviasi lebih besar dari -5% [3]. Keterlambatan pada proyek konstruksi gedung dibagi dalam 3 jenis keterlambatan yaitu *Nonexcusable delays*, *Excusable delays*, *Compensable delays* [4]. Berangkat dari uraian permasalahan di atas, maka inovasi sangat diperlukan dalam menjaga *timeline* proyek konstruksi agar bisa selesai tepat waktu. Dan salah satu inovasi yang dapat diterapkan dalam dunia konstruksi saat ini adalah penerapan integrasi *lean construction* dengan teknologi *Building Information Modelling* (BIM) 4D.

Lean Construction.

Dalam publikasi ilmiah yang ditampilkan pada penelitian Ballard dan Raikes (2008), telah memberikan bukti yang mengkonfirmasi bahwa metode *lean construction* dapat meningkatkan kinerja proyek konstruksi secara substansial [5]. Menurut Egmond & Erkelens (2008), *lean construction* adalah suatu inovasi dalam industri konstruksi karena mempunyai pendekatan yang jauh berbeda dengan metode konvensional. Setiap ada perubahan dalam proses pekerjaan dapat diselesaikan dengan lebih baik melalui sebuah inovasi [6]. Konsep dari metode *lean construction* pada pekerjaan konstruksi

bertujuan untuk meningkatkan *value* dengan cara meminimal *waste* material dan waktu [7]. Dimulai dengan cara mengurangi bagian aktivitas yang tidak menambah nilai, mengurangi siklus waktu, fokus mengawasi proses, perbaikan secara berkelanjutan, dan membuat standar acuan pada proyek yang akan dijalankan. Dari beberapa *tools lean construction*, *last planner system* merupakan *tools* yang berperan penting dalam penerapan *lean construction* di lapangan. Metode *last planner system* ini berbentuk alur kerja di berbagai kegiatan proyek konstruksi yang memiliki urutan implementasi dari *master schedule*, *reverse phase schedule*, *six weeks lookahead*, *weekly work plan* (WWP), dan *percent plan complete*. Semua dokumen tersebut memudahkan kegiatan *monitoring* dan evaluasi proyek berjalan secara berkelanjutan [8]. Metode *lean construction* yang telah diimplementasikan menggunakan *last planner system* dengan *tools Percent Expected Time-overrun* (PET) dan *Percent Plant Completed* (PPC) di proyek konstruksi di Mesir terbukti mampu mereduksi waktu sebesar 15.57 % lebih cepat dari *schedule* rencana [9].

Penelitian ini akan menganalisis kontribusi penerapan *lean construction* dengan menggunakan *tools* BIM 4D untuk meningkatkan koordinasi dan komunikasi semua *stakeholder* proyek renovasi gedung pemerintah Lhokseumawe Aceh. Sehingga proyek dapat segera di serah terimakan lebih cepat dari waktu yang tertuang dalam kontrak.

Building Information Modelling

Hardin dan McCool (2015) menyatakan bahwa BIM menjadi salah satu yang teknologi yang paling populer dalam industri konstruksi pada dekade terakhir ini, sebanyak 74% perusahaan menggunakan teknologi BIM saat ini [10]. Menurut Eastman et.al, (2008) definisi BIM adalah suatu pemodelan teknologi dan kerjasama dalam proses untuk memproduksi, komunikasi, dan menganalisa model dari suatu bangunan [11]. Model bangunan tersebut adalah perwakilan dari digital objek bangunan yang sebenarnya, disusun dari komponen yang berisi data secara konsisten, tidak berlebihan dan terkoordinasi. Dengan menggunakan teknologi BIM dapat diperoleh hasil mulai dari 3D (*Visualization model*), 4D (*Time Schedule*), 5D (*Cost Model*), 6D (*Energy Analyzing Model*), dan 7D (*Facility Management Model*). Pada penelitian ini, penulis akan fokus terhadap pemakaian BIM 4D untuk meningkatkan kinerja waktu. Dengan BIM 4D, dimungkinkan untuk mengikuti proses kegiatan konstruksi dari waktu ke waktu, sehingga proses control terhadap pelaksanaan proyek kon-

struksi dapat berlangsung dan terjaga dengan baik [12].

Kinerja Waktu

Kinerja waktu yang baik akan menjadi salah satu tolok ukur kesuksesan sebuah proyek konstruksi. Kinerja waktu yang buruk bisa menyebabkan berbagai masalah yang tidak diinginkan baik itu dari sisi biaya maupun dari sisi kualitas. Kinerja waktu dikatakan baik jika sebuah proyek dapat diselesaikan dalam jadwal yang sudah disepakati oleh semua pihak yang berkepentingan [13]. Dalam PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*) manajemen waktu meliputi proses *planning, monitoring, dan controlling* [14]. Kegiatan pelaksanaan proyek yang berpengaruh terhadap kinerja waktu dimulai dari mendefinisikan semua aktivitas proyek (*define activities*), membuat aktivitas proyek (*sequence activities*), memperkirakan sumber daya per bagian aktivitas (*estimate activity resources*), memperkirakan waktu penyelesaian per aktivitas (*estimate activity duration*), mengembangkan jadwal semua kegiatan proyek (*develop schedule, dan monitoring controlling*).

Menurut Kog et al (1999), pengukuran kinerja waktu pelaksanaan proyek dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$\text{Kinerja waktu} = \frac{(\text{Waktu rencana} - \text{Waktu Aktual})}{(\text{Waktu rencana})} \times 100 \% \quad (1)$$

Untuk kriteria penilaian diukur dengan sistem pembobotan dalam skala penilaian 1 sampai dengan 5 seperti terlihat pada **Tabel 1**:

Tabel 1. Skala output kinerja waktu

Skala	Penilaian	Keterangan
1	Sangat Buruk	Terlambat > 16 %
2	Buruk	Terlambat antara 8 % - 16 %
3	Rata - rata	Terlambat < 8 %
4	Baik	Lebih cepat antara 0 - 4 %
5	Sangat Baik	Lebih cepat > 4 %

Sumber Kog, Y.C., Chua, D.K.H., Loh, P.K Jaselskis., *Key Determinants for Construction Schedule Performance*, 1999.

Keterangan pada skala penilaian pada **Tabel 1** yaitu sebagai berikut:

1. Sangat buruk: dinilai buruk apabila mengalami keterlambatan diatas 16% dari waktu pelaksanaan proyek
2. Buruk: dinilai sedikit terlambat apabila mengalami keterlambatan dengan nilai antara 8% - 16% dari waktu pelaksanaan proyek

3. Rata-rata: dinilai rata-rata apabila terlambat lebih kecil sama dengan 8% dari waktu pelaksanaan proyek
4. Baik: dinilai agak baik apabila dalam waktu pelaksanaan proyek lebih cepat antara 0% - 4%
5. Sangat baik: dinilai baik apabila dalam waktu pelaksanaan proyek lebih cepat 4%.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian menggunakan strategi penelitian studi kasus pada proyek renovasi gedung pemerintah Lhokseumawe Aceh melalui analisis terhadap penerapan integrasi prinsip-prinsip *lean construction* dengan BIM 4D. Studi kasus pada proyek ini fokus dalam membahas keterlambatan dengan deviasi yang sangat besar, yaitu sebesar -32,37 % pada minggu ke 39 di bulan September 2022. Tim manajemen proyek yang tidak melakukan tahap inisiasi di awal proyek menyebabkan tidak terkendalinya semua kegiatan proyek di masing-masing lini. Mulai dari lini produksi, teknik, pengadaan, sampai dengan pengendalian proyek tidak berjalan sesuai dengan perencanaan. Hal tersebut menyebabkan timbulnya berbagai kendala yang dihadapi tim proyek sehingga menyebabkan proyek tidak bisa mendapat target produksi sesuai *schedule* kurva S yang telah direncanakan di awal proyek.

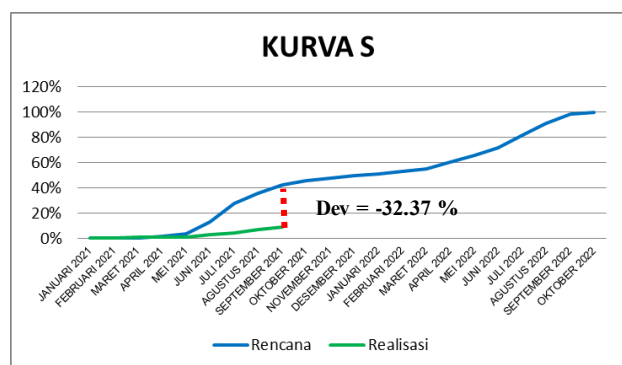
Merujuk pada semua kendala yang terjadi di lapangan, jajaran manajemen proyek dan dewan direksi di *head office* mulai menyusun strategi percepatan penyelesaian proyek. Untuk mengejar ketertinggalan progres yang ada, dilakukan upaya percepatan di semua lini. Inovasi menjadi solusi yang dipilih agar semua yang direncanakan sesuai dengan target yang telah ditetapkan. Efisiensi proyek tetap menjadi suatu keharusan dalam proses jalannya konstruksi proyek. Dengan mempertimbangkan aspek inovasi dan efisiensi yang menjadi rencana target penyelesaian proyek, maka *tools* yang tepat digunakan adalah BIM 4D untuk mengejar ketertinggalan waktu. Dengan pengelolaan gambar kerja dan koordinasi lapangan menggunakan *software* BIM, diharapkan mampu memberi kecepatan terhadap penyelesaian permasalahan teknis di lapangan. Dan untuk mengatasi kendala koordinasi pada manajemen proyek, penerapan metode *lean construction* menjadi tepat sasaran untuk di implementasikan di lapangan. Dengan integrasi metode *lean construction* dengan penggunaan *software* BIM 4D, diharapkan akan mampu memberikan peningkatan kinerja waktu dan mengejar keterlambatan progres.

Data yang diperlukan dalam penelitian ini berupa data *primer* yang diambil langsung dari kontraktor berupa salinan SPK, *shop drawing, schedule* rencana, dan laporan *progress* bulanan. Data *sekunder* dengan

menggunakan *study literature* terhadap penelitian yang sama. Teknik pengumpulan data didapat dari tatap muka langsung dengan kontraktor pelaksana dan juga melalui kajian pustaka yang diperoleh dari jurnal, buku, dan *website* yang resmi dan dipercaya. Analisis dilakukan dengan meninjau seluruh aspek pekerjaan struktur, arsitektur, mekanikal, elektrik, pemipaan gedung dan interior pada proyek renovasi gedung Kantor Perwakilan Bank Indonesia (KPwBI) Lhokseumawe Aceh dengan waktu pelaksanaan 660 hari kerja.

3. HASIL PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini dapat dilihat dari data awal proyek yang menampilkan deviasi progres sebesar -32,37% pada minggu ke 39 (15 September 2021 sampai dengan 21 September 2021). Progres rencana sebesar 40,92% hanya mendapatkan realisasi progres sebesar 8,55%. Hasil tersebut didapat dari perhitungan bersama antara kontraktor pelaksana dengan konsultan pengawas terhadap kemajuan *progress* fisik di lapangan. Dari besarnya deviasi progres tersebut dapat disimpulkan empat penyebab utama dalam proses konstruksi proyek, yaitu belum adanya flow komunikasi antar pihak yang terlibat di proyek renovasi gerung pemerintah Lhokseumawe Aceh, terhambatnya proses perijinan ruangan yang masih beroperasi, jawaban *request for information* dari konsultan perencana, dan modifikasi desain selama proses konstruksi berlangsung. Faktor-faktor di atas menyebabkan pekerjaan menjadi tidak terorganisir dan alur kerja menjadi terhambat, distribusi material dan alat menjadi terhambat, aktifitas pekerjaan yang berulang, pembengkakan biaya, dan *schedule* penyelesaian tidak sesuai rencana awal [15]. Deviasi progress pada bulan September 2021 atau pada minggu ke 39 dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Kurva S September 2021

Dari monitoring progress dalam bentuk kurva S di atas dapat dilihat pada minggu ke 39 di akhir bulan September 2021 didapat laporan rencana progres sebesar

40,92% dan realisasi progres sebesar 8,55%. Dari data tersebut didapat deviasi -32,37% yang termasuk dalam kategori keterlambatan sangat buruk.

Dari kondisi tersebut, manajemen proyek mengambil tindakan untuk menerapkan metode *lean construction* dengan *tools* berikut:

1. Last Planner System

LPS secara parsial mulai diterapkan pada pertengahan bulan Oktober tahun 2021. *Master schedule* awal yang disepakati oleh para pihak sebagai ajuan kerja sudah tidak bisa lagi diterapkan pada proyek renovasi ini. Untuk itu tim proyek mengajukan *master schedule* revisi yang diambil dari perencanaan detail *schedule* meliputi *weekly work plan*, *phase schedule*, *six week lookahead*, dan *percent plan complete*.

2. Daily Huddles

Kegiatan dengan rangkaian *safety morning talk* dan dilanjutkan dengan *tool box meeting* ini mulai rutin diadakan setiap harinya sebelum memulai pekerjaan. Semua agenda per hari dengan tujuan koordinasi antar lini dan disiplin ilmu bisa memperlancar semua aktivitas kegiatan proyek. Dalam waktu satu kali dalam 2 bulan selalu diadakan *safety patrol* yang bertujuan untuk melihat langsung kondisi *real* di lapangan. Semua permasalahan yang ditemui akan selalu ditindaklanjuti untuk dicari solusi di lapangan. Berikut dokumentasi kegiatan *daily huddles* yang berjalan di proyek renovasi gedung pemerintah Lhokseumawe Aceh.



Gambar 2. Safety Morning Talk

Seperti dapat dilihat pada **Gambar 2**, kegiatan *safety morning talk* selalu diadakan setiap hari Senin sampai dengan hari Jumat yang dimulai pukul 07.30 WIB sampai dengan pukul 08.00 WIB. Pada kegiatan ini, perwakilan manajemen proyek memberikan arahan dan petunjuk keselamatan kerja kepada para pekerja dan karyawan. Selain arahan keselamatan kerja, diskusi perihal kendala kenyamanan fasilitas di lapangan juga dibahas di sini.

Setelah kegiatan *safety morning talk* dilaksanakan, kegiatan berlanjut dengan *tool box meeting* seperti pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Tool Box Meeting

Pada **Gambar 3** dapat dilihat kegiatan *tool box meeting* merupakan sarana diskusi staf dengan manajemen untuk kegiatan yang akan dilakukan per harinya, dengan tujuan sasaran proyek dapat tercapai sesuai target yang telah ditetapkan. Setelah selesai kegiatan *tool box meeting* dilanjutkan dengan *safety patrol* seperti pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Safety Patrol

Seperti dilihat pada **Gambar 4**, kegiatan *safety patrol* bertujuan untuk melihat kendala yang ada di lapangan. Mulai dari penggunaan material yang tepat sasaran, pengecekan terhadap kualitas pekerjaan, dan pengecekan langsung terhadap kemajuan *progress* di lapangan

3. Visible Site Management (VSM)

Pengelolaan kegiatan proyek di lapangan melalui VSM menggunakan berbagai macam teknologi digital. Mulai dengan berkoordinasi antar lini dengan aplikasi di *smartphone*, rapat mingguan dan rapat koordinasi menggunakan aplikasi *Zoom meeting*. *Update* pelaksanaan proyek dan kemajuan progres menggunakan foto *real time* melalui aplikasi *time stamp* juga sangat berpengaruh terhadap update pekerjaan di lapangan. Dengan memakai metode VSM ini, revolusi industry 4.0 dapat diterapkan dengan optimal, efektif, dan efisien.

Untuk mengoptimalkan metode *lean*

construction, manajemen proyek juga memaksimalkan pemakaian teknologi BIM (*Building Information Modelling*) untuk mengatasi *clash management* dalam skala pemakaian BIM 4D. Dalam mengimplementasikan BIM 4D, interaksi antara BIM 4D dengan metode *lean construction* mencakup 4 mekanisme yaitu kontribusi BIM terhadap tujuan penerapan *lean construction* dapat tercapai, ketersediaan BIM untuk mendukung proses *lean construction*, sistem informasi terpadu dari penggunaan teknologi BIM yang berkontribusi untuk penerapan *lean construction*, dan proses *lean construction* yang memfasilitasi pengenalan teknologi BIM. Pada **Gambar 5** dapat dilihat hasil *clash detection* dari semua bidang pekerjaan pada proyek KPwBI Lhokseumawe Aceh.



Gambar 5. Clash Detection

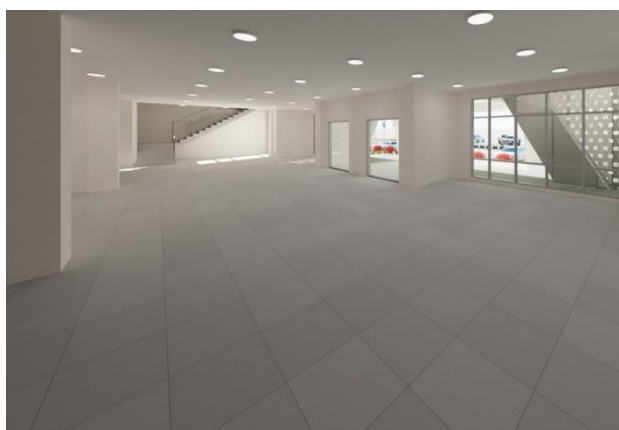
Proses *clash detection* yang dilakukan oleh tim proyek sangat membantu mengeliminir kendala-kendala teknis di lapangan. Permasalahan antar disiplin ilmu bisa dideteksi di awal pelaksanaan per pekerjaan di proyek. Sehingga bisa menghemat waktu pelaksanaan dalam penyelesaian per item pekerjaan di ruangan-ruangan yang ada di kantor perwakilan Bank Indonesia Lhokseumawe Aceh.

Setelah mengambil langkah-langkah yang diperlukan dalam mengimplementasikan metode *lean construction*, maka hasil keputusan awal *project management* yang baru merotasi struktur organisasi yang lama. Dengan mentransformasikan struktur organisasi terbaru bisa memperjelas *job description* masing masing personil proyek. Dalam struktur organisasi yang baru terdapat perubahan signifikan dengan hadirnya personil yang bertanggung jawab sebagai *BIM engineer*. Personil tersebut mempunyai *job description* memodelkan 3D bangunan, membuat proyeksi *schedule*, dan *clash detection* antar disiplin ilmu untuk meminimalisir *waste* material dan *waste* waktu berjalan. Karena proyek renovasi, pemodelan gambar dan *schedule* dibuat per ruangan sehingga penyelesaian per bagian dituangkan dalam *phase schedule*. Pada **Gambar 6** dapat dilihat hasil dari produk gambar visualisasi

BIM 4D dan **Gambar 7** dapat dilihat hasil dari bagian ruangan yang direnovasi.



Gambar 6. Visualisasi Gedung Renovasi



Gambar 7. Ruang Lobby

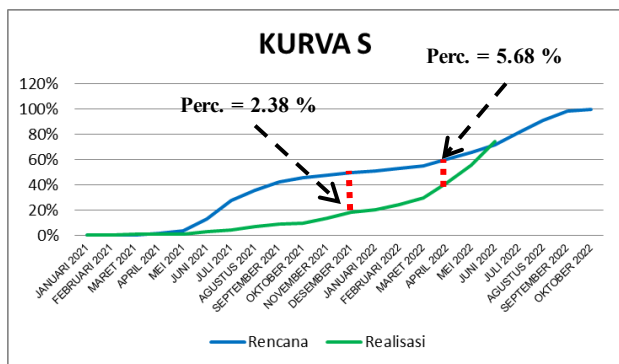
Dari **Gambar 6** dan **Gambar 7** dapat dilihat fungsi maksimal pemakaian *software* yang mendukung *Building Information Modelling*. Dengan pemodelan 3-Dimensi bangunan dapat dilihat bentuk secara nyata per ruangan yang kan diselesaikan pekerjaan renovasinya. Sehingga kesalahan-kesalahan tafsir yang ditemukan pada gambar 2D dapat di eliminir di awal pengerjaan.

Untuk tahapan selanjutnya, tim proyek mulai memperbaiki koordinasi dari semua *stakeholder* yang terlibat. Salah satu caranya adalah dengan membuat jalur komunikasi yang di sepakati semua pihak. Pada tahap selanjutnya manajemen proyek mengajukan *flow communication* terhadap semua *stake holder*, yang mana selama ini akibat tidak adanya kejelasan *flow communication* mengakibatkan banyaknya waktu menunggu (*wasting time*). Adapun *flow communication* tersebut meliputi alur surat menyurat, *request for information*, proses *checklist*, izin pelaksanaan, alur pengajuan material, alur *variation order*, alur pengajuan *shop drawing*, laporan harian, laporan mingguan, laporan bulanan, alur *termyn*, pembuatan *as build drawing*, alur *test and commisioning*, dan berita acara

serah terima. Setelah 2 bagian penting di atas dilakukan, *project management* mulai menyiapkan langkah-langkah perbaikan kinerja dengan mengintegrasikan *lean construction* dan BIM 4D untuk meningkatkan kinerja waktu. Adapun metode *lean construction* yang dipakai dan diterapkan dimulai dari LPS (*last planner system*) yang mengakomodir semua *schedule* penyelesaian yang diintegrasikan dengan kemampuan evaluasi BIM 4D terhadap waktu, sehingga mampu menghemat waktu untuk perencanaan dan pengambilan keputusan terhadap langkah-langkah yang harus ditempuh. Setelah diimplementasikannya metode *lean construction* mulai dari *weekly work plant* sampai dengan *percent plan complete schedule* pada proyek renovasi gedung pemerintah, maka untuk tahapan selanjutnya adalah memonitoring jalannya proyek renovasi gedung pemerintah setiap harinya menggunakan tools *dailly huddles activity* yang meliputi *safety morning talks*, *toll box meeting*, dan *safety patrol*. Dari penerapan manajemen dengan mengintegrasikan tools *lean construction* dengan BIM 4D, dapat dilihat pada **Tabel 2** yaitu kenaikan perogres per minggu dan per bulan. Dimulai dari Bulan Oktober 2022 ketika rotasi manajemen diberlakukan.

Tabel 2. Progres percepatan

No	Bulan	Ra (%)	Ri (%)	Dev (%)	Ket
1	Oktober 2021	45.46	9.88	-35.58	
2	November 2021	47.91	13.55	-34.36	
3	Desember 2021	49.65	18.61	-31.04	Percepatan 2.38 %
4	Januari 2022	51.39	20.56	-30.83	
5	Februari 2022	53.13	24.11	-29.02	
6	Maret 2022	55.31	29.58	-25.73	
7	April 2022	60.38	41.59	-18.79	Percepatan 5.68 %



Gambar 8. Grafik percepatan

Dapat dilihat dari Tabel 2 dan Gambar 8, setelah penerapan integrasi metode *lean construction* dengan pemakaian BIM 4D, proyek mulai mengalami percepatan pada minggu ke 53 di bulan Desember 2022 sebesar 2.38 %. Tepatnya 3 bulan setelah tim proyek menerapkan integrasi metode *lean construction* dengan BIM 4D. Grafik percepatan dengan kenaikan progres paling signifikan berada pada minggu ke 70 di bulan April 2022. Hal tersebut dikarenakan material utama sudah berada di lokasi dan diberlakukannya hitungan *material on site* sehingga cukup signifikan dalam menaikkan progres sebesar 5,63 %. Dan pada tahap selanjutnya tim manajemen proyek melakukan *forecasting* sisa pekerjaan dengan metode *percent plan complete*. Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan hasil progres akan mengalami *ahead* (progres realisasi di atas rencana) pada minggu ke-77 tepatnya pada periode tanggal 08 Juni 2022 sampai dengan 14 Juni 2022. Dari hasil proyeksi realisasi progres pada minggu ke-77 diperkirakan progres dapat menjadi 68,42 % dari rencana progres 68,40 %. Sehingga mengalami deviasi 0,02 %. Hal tersebut terjadi karena semua material utama yang telah datang telah terpasang terutama pada material tata udara dan marmer. Kedua material tersebut memiliki bobot pareto yang paling besar dari keseluruhan item pekerjaan proyek. Dengan demikian dapat dilihat dengan menerapkan metode *lean construction* dan di integrasikan dengan teknologi BIM 4D dapat meningkatkan kinerja waktu dalam waktu 3 bulan dan dapat membuat schedule kembali *ahead* pada bulan ke 8 setelah penerapan integrasi metode *lean construction* dengan BIM 4D dilaksanakan.

4. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah strategi percepatan dalam aspek manajemen proyek yang dilakukan dalam mengejar semua ketertinggalan progres dimulai dengan merotasi personil proyek terlebih dahulu. Selanjutnya dengan penerapan aktivitas yang mengacu pada konsep dari *lean construction* yaitu *last planner system* (LPS), *daily*

huddles, dan penerapan *visibel site management* (VSM) yang seiring dengan konsep *society 5.0* dan *revolution industry 4.0*. Dalam aspek teknis, pembuatan gambar kerja, schedule, dan metode kerja dalam satu gambar kerja yang menggunakan *tools software* Autodesk Revit sangat efisien dalam penerapan BIM 4D. Tim Proyek dapat memproyeksikan penyelesaian pekerjaan renovasi gedung pemerintah per ruangan dengan sangat detail. Baik dari segi sumber daya material maupun tenaga kerja. Dengan mengintegrasikan penerapan metode *lean construction* dengan BIM 4D dapat meningkatkan kinerja waktu penyelesaian proyek. Pada saat awal pergantian manajemen proyek, progres mengalami defisit sebesar -32.37 %. Setelah 3 bulan dalam upaya penerapan integrasi, progres penyelesaian pekerjaan mulai mengalami kenaikan progres yang signifikan, dan melonjak sangat tajam pada minggu ke 70 setelah rotasi pada manajemen proyek. Pada minggu ke 70 deviasi progres menjadi -18.79 %. Dan tim proyek memproyeksikan kemajuan progres menjadi *ahead* pada minggu ke 77 setelah pergantian manajemen proyek dengan deviasi rencana dan realisasinya di 0.2 %

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. C. Lee, C. M. Eastman, dan W. Solihin. 2018. *Logic for ensuring the data exchange integrity of building information models*. *Autom. Constr.*, vol. 85, doi: 10.1016/j.autcon.2017.08.010.
- [2] A. Maddeppungeng, D. E. Intari, dan A. Oktafiani. 2019. *Studi Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Konstruksi Studi Kasus Proyek Pembangunan 6 Ruas Jalan Tol Dalam Kota Jakarta*. *Konstruksia*, pp. 89–96.
- [3] O. Syailendra. 2020. *Simhu - Pt. Wijaya Karya*. http://simhu.wika.co.id/simhu_2016/default.htm (accessed Feb. 15, 2023).
- [4] A. Chasan Mudzakir, A. Setiawan, M. Agung Wibowo, dan R. Radian Khasani. 2017. *Evaluasi Waste dan Implementasi Lean Construction (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung Serbaguna Taruna Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang*. *J. Karya Tek. Sipil*, vol. 6, no. 2, pp. 145–158, [Online]. Available: <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkts>
- [5] F. Bamana, N. Lehoux, dan C. Cloutier. 2019. *Simulation of a Construction Project: Assessing Impact of Just-in-Time and Lean Principles*. *J. Constr. Eng. Manag.* vol. 145,

- pp. 1–15,
doi: 10.1061/(asce)co.1943-7862.0001654.
- [6] S. Singh dan K. Kumar. 2020. *Review of literature of lean construction and lean tools using systematic literature review technique (2008–2018)*. Ain Shams Eng. J., vol. 11, no. 2, doi: 10.1016/j.asej.2019.08.012.
- [7] S. Demirkesen, E. Sadikoglu, dan E. Jayamanne. 2022. *Investigating effectiveness of time studies in lean construction projects: case of Transbay Block 8*. Prod. Plan. Control, vol. 33, no. 13, pp. 1–20, doi: 10.1080/09537287.2020.1859151.
- [8] A. A.Sosa dan J. R. D. La Torre. 2021. *Feasibility Of Stakeholder Management To Improve Integration and Communication Using Big Room, Lean Construction, PMBOK And Prince2 In Multifamily Projects In Times Of Change*. in *IGLC29*, pp. 494–503.
- [9] U. H. Issa. 2013. *Implementation of lean construction techniques for minimizing the risks effect on project construction time*. Alexandria Eng. J., vol. 52, no. 4, pp. 697–704, doi: 10.1016/j.aej.2013.07.003.
- [10] J. Crowther dan S. O. Ajayi. 2021. *Impacts of 4D BIM on construction project performance*. Int. J. Constr. Manag., vol. 21, no. 7, pp. 1–14, doi: 10.1080/15623599.2019.1580832.
- [11] F. Chuquin, C. Chuquin, dan R. Saire. 2021. *Lean and BIM Interaction in a High Rise Building*. in *IGLC29*, pp. 136–144.
- [12] F. Rodrigues, J. S. Baptista, dan D. Pinto. 2022. *BIM Approach in Construction Safety—A Case Study on Preventing Falls from Height*. Buildings, vol. 12, no. 1, pp. 1–17, doi: 10.3390/buildings12010073.
- [13] C. H. Suyansen. 2017. *Prediksi Kinerja Waktu Proyek Konstruksi*. Dimens. Utama Tek. Sipil, vol. 4, no. 1, pp. 64–70, doi: 10.9744/duts.4.1.64-70.
- [14] Project Management Institute. 2013. *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® guide)*., Fifth edit. Pennsylvania: Project Management Institute, Inc, [Online]. Available: www.PMI.org ©2013
- [15] B. Pedo, A. Tezel, L. Koskela, A. Whitelock-Wainwright, D. Lenagan, dan Q. A. Nguyen. 2021. *Lean Contributions To BIM Processes : The Case Of Clash Management In Highways Design*. in *IGLC29*, pp. 116–125.