

Analisis Kinerja Waktu dan Penerapan *Building Information Modeling* pada Proyek Pembangunan Jasmine Park Apartment Bogor

(Time Schedule Analysis and Building Information Modeling Application on Jasmine Park Apartment Bogor)

Ahmad Ulil Albab^{1*} dan Erizal¹

¹ Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
Jl. Raya Dramaga, Kampus IPB Dramaga, PO BOX 220, Bogor, Jawa Barat Indonesia

*Penulis Korespondensi: ulil_albab9@apps.ipb.ac.id

Diterima: 22 Maret 2021

Disetujui: 21 April 2021

ABSTRACT

Continuous development requires high productivity, effectiveness and efficiency. The application of BIM up to four-dimensional modeling (4D) using Tekla Structure software is a solution because it can analyze time performance, determine the causative factors in the event of delays and actions to overcome them. 3D modeling included modeling of foundations, columns, beams, slabs, stairs, and roofs. 4D modeling is conducted by adding work schedule to the 3D modeling that had been made. Time performance analysis was performed using the S-curve method for all buildings in Tower Green Jasmine Park Apartment Bogor construction project. Time performance analysis using the S curve found that this project experienced delays with the highest negative deviation value happened in June 2020 by -13.67%. The main delays in the project occurred in procurement of MEP logistics and weather conditions. Work acceleration is carried out by increasing working hours and increasing the number of workers.

Keywords: BIM, S curve, Tekla structure, Time schedule.

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu dan teknologi sangat berdampak pada bidang konstruksi. Bidang konstruksi memiliki peran penting untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi dan lapangan kerja. Hal tersebut dibuktikan dengan semakin meningkatnya pembangunan konstruksi. Meningkatnya pembangunan tentu dibutuhkan pekerjaan dengan tingkat produktivitas tinggi, efektif, dan efisien. Pelaksanaan konstruksi dengan cara manual tentu membutuhkan pekerjaan dan waktu yang lebih lama. Hal tersebut mendorong penggunaan sistem yang dapat dapat memecahkan masalah-masalah dengan waktu yang lebih cepat.

Sistem tersebut dikenal dengan nama *Building Information Modeling* (BIM).

BIM adalah seperangkat teknologi, proses, kebijakan yang seluruh prosesnya berjalan secara kolaborasi dan integrasi dalam sebuah model digital. Penggunaan BIM dalam pekerjaan konstruksi, proses desain, pengadaan, dan pelaksanaan konstruksi dapat dengan mudah terhubung. Selain itu, memungkinkan pelaku yang terlibat dalam suatu proyek bekerja secara kolaborasi (Eastman *et al.*, 2011). Bentuk pengaplikasian BIM untuk perencanaan sebuah proyek merupakan penggabungan dari hasil beberapa perangkat lunak konvensional sekaligus, hal ini merupakan sebuah kemajuan efisiensi perencanaan proyek (Berlian *et al.*, 2016). Salah satu aplikasi yang dapat

digunakan untuk pemodelan BIM yaitu menggunakan *software TeklaStructure*.

Tekla Structure merupakan alat untuk desain, pemodelan, perincian, dan rekayasa-rekayasa struktural yang merupakan sebuah solusi 3D berbasis model terintegrasi untuk mengelola basis data multi-bahan (Firoz dan Rao 2012). Berdasarkan Peraturan Pemerintah Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 22/PRT/M/2018 tentang Pembangunan Bangunan Gedung Negara, penggunaan BIM wajib diterapkan pada Bangunan Gedung Negara tidak sederhana dengan kriteria luas di atas 2000 m² dan di atas 2 lantai. Oleh karena itu, penelitian ini melakukan penerapan BIM dengan menggunakan *software Tekla Structure* pada proyek pembangunan Jasmine Park Apartment Bogor.

Tujuan dari penelitian ini yaitu mengaplikasikan *building information modeling* (BIM) 4 Dimensi (4D) pada pembangunan Jasmine Park Apartment Bogor menggunakan *software Tekla Structure*. Menganalisis kinerja waktu pada proyek pembangunan Jasmine Park Apartment Bogor dengan membandingkan bobot pekerjaan kurva S rencana dengan kurva S realisasi. Menganalisis faktor penyebab keterlambatan dan cara untuk menanggulangnya.

METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan pada bulan April 2020. Pengambilan data dilakukan di proyek pembangunan Jasmine Park Apartment Bogor. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah laptop yang telah dilengkapi dengan *software AutoCAD*, *Tekla Structures* © 2019i dan *Microsoft Office* 2016. Bahan yang digunakan merupakan data primer dari hasil wawancara dan diskusi dengan pihak

terkait, data sekunder berupa jadwal perencanaan dan realisasi kegiatan proyek pembangunan, data progres bobot pekerjaan realisasi dan rencana, kurva S serta *shop drawing*.

Penelitian dimulai dengan studi literatur guna mencari informasi dan mengumpulkan data. Data yang digunakan antara lain data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dari hasil wawancara dengan pihak terkait untuk memperoleh informasi pada proyek dan untuk mengklarifikasi masalah yang terjadi di lapangan. Sementara data sekunder yang digunakanyaitu jadwal perencanaan dan realisasi kegiatan proyek pembangunan, data progres bobot pekerjaan realisasi dan rencana, kurva S, serta *shop drawing*. Kemudian dilakukan pengolahan data yang meliputi pemodelan 3D dan 4D yang difokuskan pada pekerjaan struktur pada Proyek Pembangunan Jasmine Park Apartment serta analisis kinerja waktu.

Pemodelan 3D dan 4D

Pemodelan gambar 3D berupa komponen struktur menggunakan *software Tekla Structures* 2019i. Pemodelan 3D dilakukan dengan pemodelan pondasi, kolom, *shear wall*, balok, pelat, tangga dan atap. Pertama hal yang dilakukan adalah *log in* dan kotak configuration dipilih *educational*. Kemudian *creat new model* dipilih, lalu nama dan tempat penyimpanan file ditentukan. Tahapan selanjutnya dilakukan pemodelan seperti pembuatan *grid*, pemodelan pondasi, pemodelan *pile cap* dan *tie beam*, pemodelan *shear wall*, pemodelan kolom, pemodelan balok, pemodelan tangga, dan pemodelan atap.

Selanjutnya dilakukan pemodelan 4D dengan melakukan pengklasifikasian komponen struktur

berdasarkan item pekerjaan yang sesuai pada penjadwalan pada menu model organizer. Kemudian dilakukan penentuan penjadwalan pada program *Tekla Structures 2019i* yaitu pada menu manage dipilih tasks. Setelah terdapat kotak dialog task manager, diklik menu *scenario*. Kemudian dipilih *add* dan nama skenario dimasukkan. Skenario dibuat sesuai dengan jadwal perencanaan dan realisasi proyek. Jadwal kegiatan dihubungkan dengan objek model masing-masing dengan langkah awal *model* organizer yang telah dibuat dibuka. Tampilan model diubah terlebih dahulu dengan menekan tombol *ctrl+5* pada *keyboard* atau dengan cara pada *menu view* dipilih *rendering* lalu diklik *show only selected part*. Komponen struktur pada *model organizer* yang dipilih diklik kanan, yang merupakan model 3D dari bangunan yang ditambahkan dengan waktu berupa penjadwalan. Pemodelan 3D dan Pengklasifikasian Komponen Struktur Pemodelan dimulai dengan pembuatan grid dan level yang disesuaikan dengan gambar shop drawing.

Analisis Kinerja Waktu

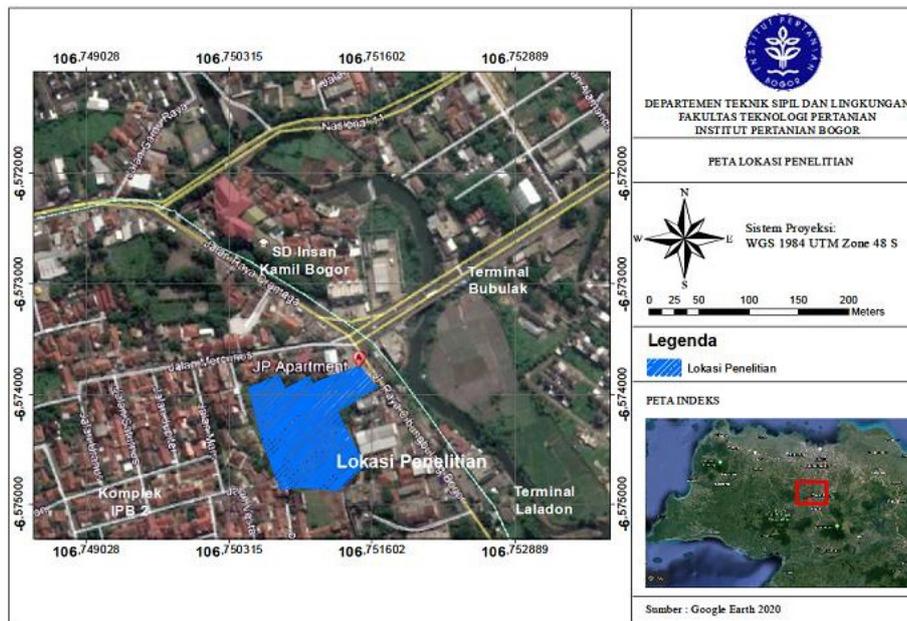
Analisis kinerja waktu dilakukan dengan membandingkan jadwal rencana dengan jadwal realisasi kegiatan proyek. Analisis yang dilakukan yaitu dengan membandingkan bobot rencana dan bobot realisasi pada kurva S. Nilai bobot dari kurva S diubah menjadi bobot perbulan untuk mengetahui kinerja waktu proyek setiap bulannya.

Kinerja waktu proyek dapat ditentukan dengan analisis nilai deviasi. Jika terjadi keterlambatan pekerjaan akan dilakukan identifikasi faktor-faktor penyebab serta solusi tindakan yang dapat dilakukan untuk menanggulangi keterlambatan yang terjadi. Ardani (2009) menjelaskan bahwa kinerja waktu adalah proses yang diperlukan untuk memastikan waktu penyelesaian proyek yang berpusat pada berjalan atau tidaknya perencanaan dan penjadwalan proyek. Selain itu kurva S memperlihatkan durasi dan bobot biaya dari masing-masing aktivitas (Sulistio dan Andi 2016).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Proyek

Proyek pembangunan Jasmine Park Apartment Bogor berlokasi di Jalan Letjen Ibrahim Adjie No. 1, Laladon, Kec. Dramaga, Bogor, Jawa Barat. Proyek ini dibangun untuk tempat tinggal pada suatu bangunan bertingkat. Terdapat tiga apartemen yang akan dibangun antara lain adalah *Tower Green*, *Tower Red*, dan *Tower Blue*. Penelitian ini difokuskan pada *Tower Green* yang memiliki 13 lantai, satu lantai *semi basement*, satu lantai *lower ground*, satu lantai *ground*, dan satu lantai *upper ground*. Proses pekerjaan yang dilakukan pada proyek ini terbagi menjadi beberapa pekerjaan yaitu pekerjaan persiapan, pekerjaan struktur, pekerjaan arsitektur serta pekerjaan mekanikal, elektrikal, dan plumbing (MEP). Lokasi proyek pembangunan Jasmine Park Apartment dapat dilihat pada Gambar 1.



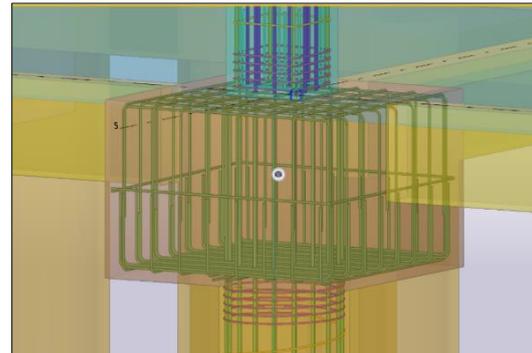
Gambar 1. Lokasi Proyek Pembangunan Jasmine Park Apartment

Pemodelan Pondasi dan *Pile Cap*

Pembangunan pondasi pada *Tower Green Jasmine Park Bogor* menggunakan jenis pondasi *bored pile*. *Bored pile* diikat oleh *pile cap* sebelum didirikan kolom di atasnya. Struktur pondasi memiliki spesifikasi mutu beton dengan $f_c' 30 \text{ MPa}$. Terdapat lima tipe *pile cap* yang digunakan yaitu *pile cap* tipe PC1, PC2, PC3, PC6, dan PC11.

Pemodelan pondasi *bored pile* dengan program *Tekla Structures 2019i* menggunakan asumsi menu *concrete column* dengan diameter 800 mm dan kedalaman yang direncanakan pondasi sebesar 40 m. Sementara *pile cap* menggunakan asumsi pemodelan menu *pad footing* pada program *Tekla Structures 2019i*. Penggunaan pemodelan tersebut dikarenakan menyesuaikan gambar pada *shop drawing*. Library yang digunakan pada penulangan *bored pile* adalah *round column reinforcement*(82) sedangkan penulangan pada *pile cap* menggunakan *library rebar set* kemudian diatur sesuai karakteristik *pile cap*. Detail pemodelan

pile cap pada pondasi *Tower Green Jasmine Park Apartment* dapat dilihat pada Gambar 2.

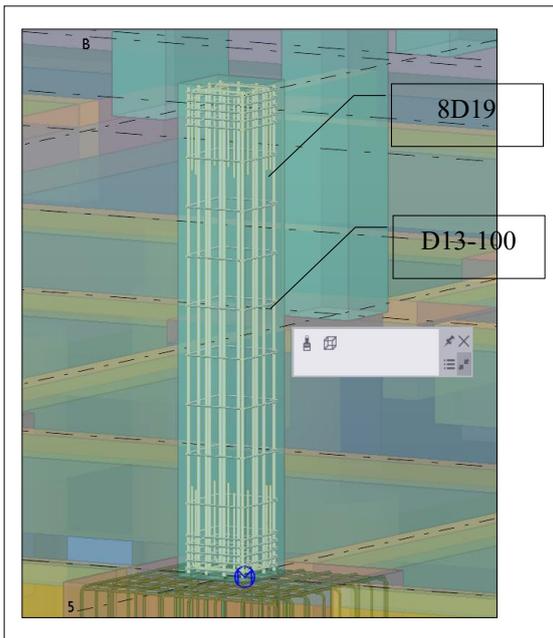


Gambar 2. Detail Penulangan Pondasi Jasmine Park Apartment

Pemodelan Kolom

Selanjutnya dilakukan pemodelan kolom karena *pile cap* pada pondasi akan mengikat ujung bawah pada kolom. Struktur kolom pada bangunan ini memiliki spesifikasi mutu beton yang berbeda dari masing-masing lantai. Mutu beton pada lantai semi basement sampai lantai 3 menggunakan mutu beton $f_c' 35 \text{ MPa}$. Mutu beton yang

digunakan pada lantai 4 sampai lantai 8 menggunakan mutu beton $f_c' 30$ MPa. Sementara mutu beton yang digunakan pada lantai 9 sampai lantai dak menggunakan mutu beton $f_c' 25$ MPa. Terdapat enam tipe kolom beton yang digunakan pada *Tower Green Jasmine Park Apartment*, yaitu kolom tipe CO1, CO2, CO3, CO4, CO5, dan CO6. Pemodelan kolom dengan program *Tekla Structures 2019i* menggunakan menu *concrete column. Library* yang digunakan pada penulangan kolom adalah *round column reinforcement*(82) kemudian diatur sesuai karakteristik kolom. Detail kolom pada pembangunan *Tower Green Jasmine Park Apartment* dapat dilihat pada Gambar 3.

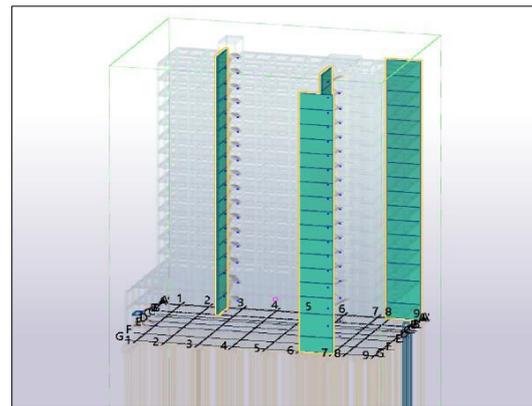


Gambar 3. Detail Penulangan Kolom CO4 Jasmine Park Apartment

Pemodelan *Shear Wall*

Pemodelan *shear wall* pada bangunan ini menggunakan tipe *precast*. Spesifikasi mutu beton yang digunakan berbeda dari masing-masing lantai. Mutu beton pada lantai semi basement sampai lantai 3 menggunakan mutu beton $f_c' 35$ MPa. Mutu beton

yang digunakan pada lantai 4 sampai lantai 8 menggunakan mutu beton $f_c' 30$ MPa. Sementara mutu beton yang digunakan pada lantai 9 sampai lantai dak menggunakan mutu beton $f_c' 25$ MPa. Terdapat empat tipe *shear wall* yang digunakan pada *Tower Green Jasmine Park Apartement*, yaitu *shear wall* tipe SW1, SW2, SW3, dan SW4. Pemodelan *shear wall* dengan program *Tekla Structures 2019i* menggunakan menu *concrete column*. Hasil pemodelan *shear wall* menggunakan program *Tekla Structures 2019i* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Pemodelan *Shear Wall*

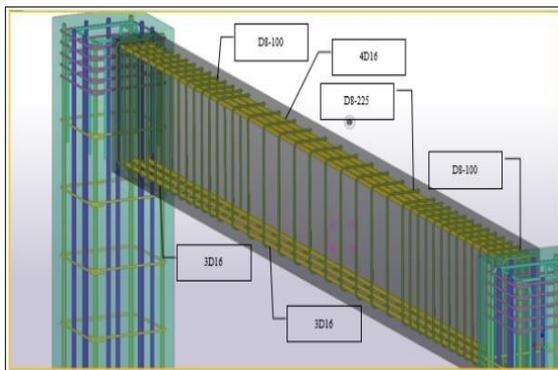
Pemodelan Balok dan *Tie Beam*

Pemodelan berikutnya adalah pemodelan balok. Struktur balok pada *Tower Green* ini memiliki spesifikasi mutu beton yang digunakan berbeda dari masing-masing lantai. Balok yang digunakan dibedakan menjadi empat jenis yaitu *tie beam*, balok induk, balok anak, dan balok kantilever. Spesifikasi mutu beton yang digunakan pada *tie beam* adalah mutu beton $f_c' 30$ MPa. *Tie beam* pada lantai dasar terdiri dari enam tipe, yaitu T1A, T1B, T1C, T2A, T2B, dan T2C.

Balok induk yang digunakan terdiri dari beberapa tipe, yaitu G1, G1A, G1B, G1C, G1D, G1E, G1F, G2, G3, G4, G5, G6, GS1 dan GS2. Balok

anak pada bangunan ini terdiri dari beberapa tipe, yaitu S1, S2, S3, S4, S5, dan S6. Balok kantilever pada bangunan ini juga terdiri dari beberapa tipe, yaitu C1, C2, C3, C4, C5, dan C6.

Pemodelan *tie beam* dan balok pada program *Tekla Structures 2019i* menggunakan menu *concrete beam*. *Library* yang digunakan pada penulangan balok adalah *rebar set* kemudian diatur sesuai karakteristik balok. Hasil detail penulangan balok menggunakan program *Tekla Structures 2019i* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Detail Penulangan Balok Jasmine Park Apartment

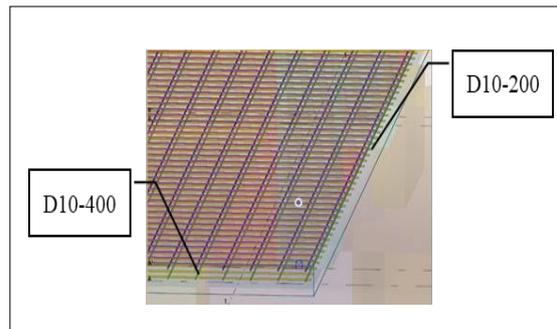
Pemodelan Pelat

Pemodelan selanjutnya adalah pemodelan pelat. Pelat merupakan lantai dari suatu bangunan. Tumpuan pelat pada umumnya dapat berupa balok, dinding, ataupun kolom. Pelat pada bangunan ini memiliki berbagai tipe SA, SB, SC, SD, SE, SF, SG, SH, SI, SJ, SK, dan SL.

Struktur pelat bangunan ini memiliki spesifikasi mutu beton yang berbeda masing-masing lantai. Mutu beton pada lantai *semi basement* sampai lantai 5 menggunakan mutu beton $f_c' 30$ MPa. Sedangkan mutu beton pada lantai 6 sampai lantai dak menggunakan mutu beton $f_c' 25$ MPa.

Pemodelan dengan program *Tekla Structures 2019i* menggunakan *concrete*

slab. *Library* yang digunakan pada penulangan pelat adalah *slab bars (18)* kemudian diatur sesuai karakteristik pelat. Detail pelat dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Detail Penulangan Pelat SG Jasmine Park Apartment

Pemodelan Tangga

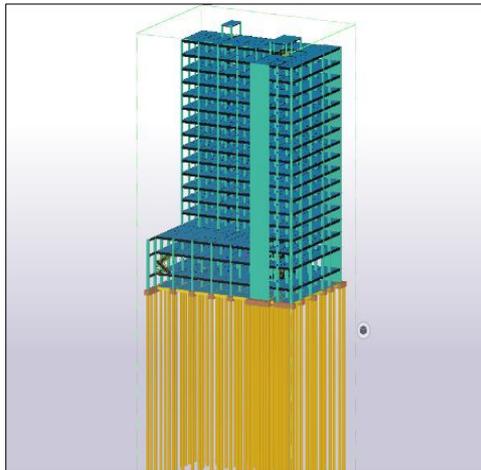
Pemodelan berikutnya adalah pemodelan tangga. Tangga pada bangunan ini terletak di setiap lantai dan memiliki 2 tangga yang berada di sudut depan dan sudut belakang bangunan. Tangga memiliki lebar 1,5 m. Setiap anak tangga memiliki tinggi dan lebar masing-masing 19 cm dan 30 cm. Pemodelan dengan program *Tekla Structures 2019i* menggunakan *library concrete stairs (65)*. Berdasarkan Permen PU Nomor 36/PRT/M/2006, lebar efektif tangga minimal 1,5 m dan kemiringan $<60^\circ$, sedangkan untuk setiap anak tangga memiliki tinggi dan lebar masing-masing 18 cm dan 30 cm (DepPU 2006). Hasil pemodelan tangga menggunakan program *Tekla Structures* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil Pemodelan Tangga

Pemodelan Atap

Pemodelan terakhir adalah pemodelan atap. Atap pada *Tower Green Jasmine Park Apartment* terdiri dari atap dak beton. Struktur rangka atap dak menggunakan beton dengan mutu $f_c' 25$ MPa. Pemodelan atap dak dengan program *Tekla Structures 2019i* diasumsikan menggunakan *concrete beam* dan *concrete column*. Hasil pemodelan keseluruhan pembangunan *Tower Green Jasmine Park Apartment* dapat dilihat pada Gambar 8.



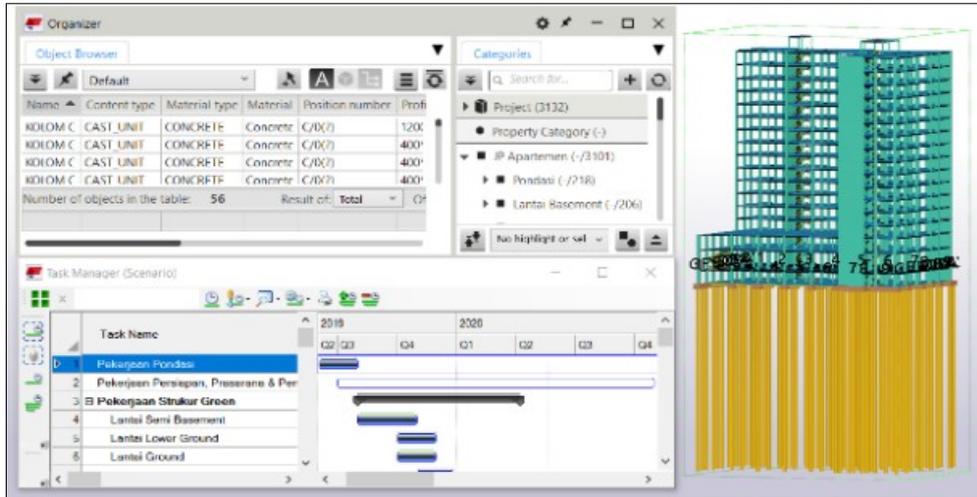
Gambar 8. Hasil Pemodelan Keseluruhan Pembangunan *Tower Green Jasmine Park Apartment*

Pemodelan 4D

Spesifikasi hasil pemodelan ditunjukkan pada *model organizer*. *Model organizer* merupakan salah satu kelebihan dari *Tekla structure 2019i* karena pekerjaan menjadi lebih terklasifikasi dengan informasi yang jelas. Informasi tiap komponen struktur yang ditunjukkan diantaranya spesifikasi beton, volume, level ketinggian, profil atau ukuran, lokasi pada grid, dan spesifikasi lainnya. Komponen struktur pada model dapat dikelompokkan sesuai kategori yang diinginkan. Komponen struktur pada pembangunan *Tower Green Jasmine Park Apartment* dikelompokkan berdasarkan lantai dan jenis komponennya.

BIM pada *Tekla Structures 2019i* dapat menggambarkan pemodelan hingga 4D berupa tampilan jadwal pelaksanaan proyek. Tahap ini memanfaatkan *task manager* yang ada pada menu *manage* pada *Tekla Structures 2019i*. Fungsi *task manager* adalah membuat, mengelola, dan menyimpan tugas-tugas yang dijadwalkan pada proyek untuk selanjutnya dihubungkan dengan objek model.

Task manager dihubungkan dengan *model organizer* yang telah dibuat sebelumnya sehingga jadwal pelaksanaan proyek terhubung langsung dengan pemodelan 3D yang telah dibuat. Hubungan antara pemodelan 3D, *model organizer*, dan *task manager* dapat dilihat pada Gambar 9.

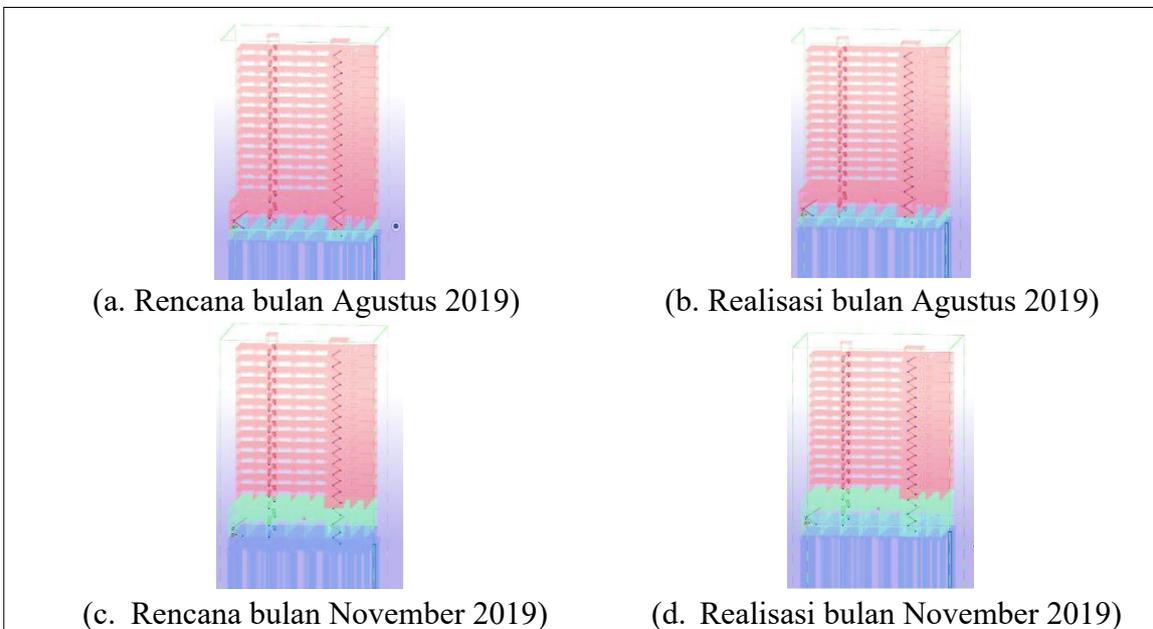


Gambar 9. Hubungan antara Pemodelan 3D, Model *Organizer*, dan *Task Manager*

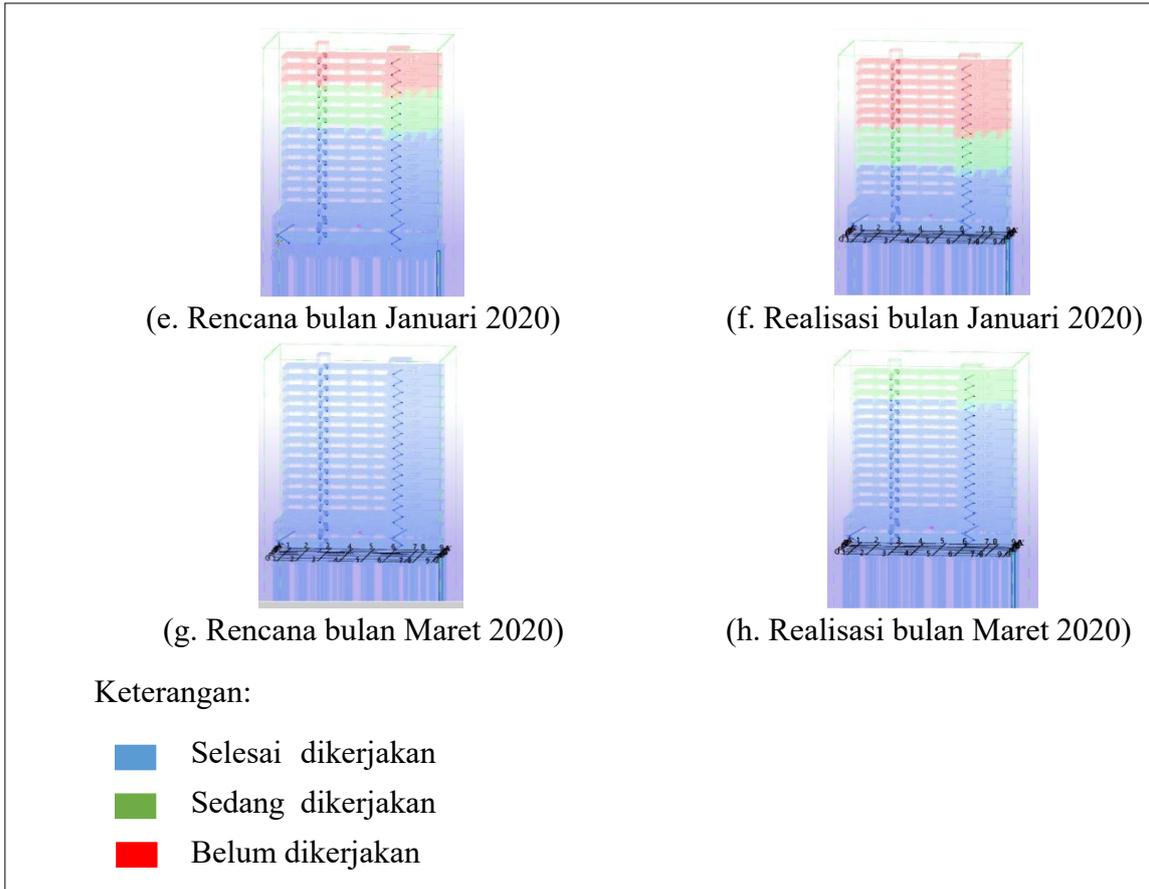
Pemodelan 3D dari *Tower Green Jasmine Park Apartment* dan jadwal kegiatan yang sudah dimasukkan dalam *task manager* kemudian diolah menggunakan *project visualization*. Tahap ini digunakan untuk mengintegrasikan hasil visualisasi model dengan penjadwalan kegiatan proyek sehingga dikatakan sebagai pemodelan 4D.

Model empat dimensi akan menunjukkan secara jelas gambaran kemajuan pekerjaan dengan memasukkan data tanggal rencana dan

realisasi pekerjaan sesuai dengan jadwal proyek. Kemajuan pekerjaan ditunjukkan dengan tiga kondisi yaitu pekerjaan yang belum dilakukan berwarna merah, pekerjaan yang sedang dilakukan berwarna hijau, dan pekerjaan yang telah selesai dilakukan berwarna biru. Hasil dari *project visualization* yang menunjukkan rencana dan realisasi kemajuan pekerjaan struktur dari pembangunan *Tower Green Jasmine Park Apartment* dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Hasil *Project Visualization* Pembangunan *Tower Green*



Gambar 10. Hasil *Project Visualization* Pembangunan *Tower Green* (Lanjutan)

Analisis Kinerja Waktu

Jadwal pekerjaan pembangunan Tower Green Jasmine Park Apartment berupa diagram batang yang dilengkapi kurva S. Kurva S menjelaskan beberapa informasi, yaitu item pekerjaan, durasi pekerjaan, bobot setiap jenis pekerjaan, bobot rencana kumulatif, dan bobot realisasi kumulatif. Kurva S pembangunan yang menunjukkan progres pekerjaan setiap bulannya dapat dilihat pada Gambar 11.

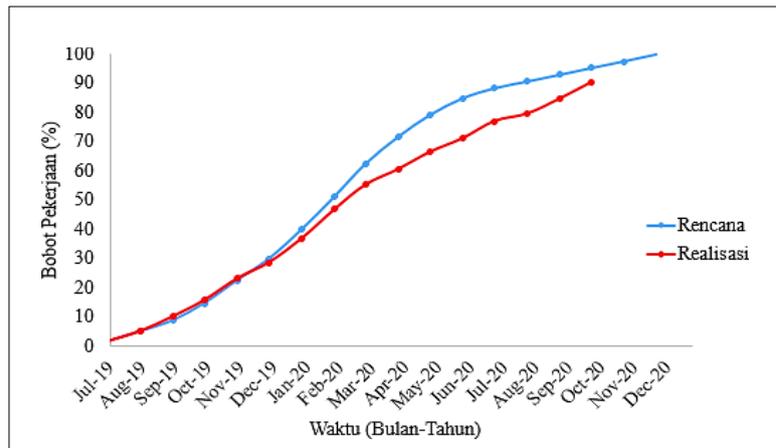
Gambar 11 menunjukkan kurva berwarna merah merupakan kurva S realisasi sedangkan kurva S berwarna biru merupakan kurva S rencana. Kurva S realisasi berada di atas kurva S rencana pada bulan Juli 2019 sampai November 2019. Hal tersebut menandakan bahwa pekerjaan proyek

mengalami percepatan dari rencana awal. Namun, pada bulan Desember 2020 sampai dengan bulan September 2020, kurva S realisasi berada di bawah kurva S rencana yang menunjukkan bahwa pekerjaan proyek mengalami keterlambatan dengan nilai deviasi yang berbeda. Visualisasi kurva S dapat memberikan informasi mengenai kemajuan proyek dengan membandingkannya terhadap jadwal rencana (Sutomo *et al.* 2016).

Kurva S juga dapat mengetahui kinerja waktu proyek pembangunan Tower Green Jasmine Park Apartment Bogor dianalisis dengan mengolah nilai bobot pekerjaan menjadi bobot perbulannya. Analisis dilakukan dengan membandingkan nilai akumulasi progres pekerjaan dan nilai deviasi setiap bulannya. Nilai deviasi merupakan selisih antara nilai kumulatif progres

realisasi dengan nilai kumulatif progres rencana. Apabila nilai deviasi bernilai positif, maka pekerjaan mengalami kemajuan dari rencana awal. Sebaliknya jika nilai deviasi bernilai negatif menandakan pekerjaan mengalami

keterlambatan dari rencana awal. Bobot pekerjaan setiap bulan pada pembangunan Tower Green Jasmine Park Apartment dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 11. Kurva S Pembangunan Tower Green

Tabel 1. Bobot Pekerjaan pada Setiap Bulan Tower Green

Bulan dan Tahun	Progress Rencana (%)	Progress Rencana Kumulatif (%)	Progress Realisasi (%)	Progress Realisasi Kumulatif (%)	Deviasi (%)
Jul-19	1,49	1,49	1,65	1,65	0,16
Agu-19	3,49	4,98	3,49	5,14	0,17
Sep-19	3,74	8,71	5,05	10,19	1,48
Okt-19	5,94	14,65	5,64	15,83	1,18
Nov-19	7,84	22,50	7,41	23,23	0,74
Des-19	7,37	29,87	5,46	28,70	-1,17
Jan-20	10,08	39,94	8,26	36,96	-2,99
Feb-20	11,24	51,19	9,97	46,92	-4,26
Mar-20	11,15	62,34	8,37	55,29	-7,05
Apr-20	9,29	71,63	5,33	60,62	-11,01
Mei-20	7,52	79,15	5,90	66,52	-12,63
Jun-20	5,75	84,90	4,70	71,22	-13,67
Jul-20	3,46	88,36	5,87	77,10	-11,26
Agu-20	2,33	90,68	2,56	79,66	-11,02
Sep-20	2,33	93,01	5,21	84,87	-8,14
Okt-20	2,33	95,34	5,66	90,53	-4,81
Nov-20	2,33	97,66	-	-	-
Des-20	2,34	100,00	-	-	-

Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat pembangunan *Tower Green Jasmine Park Apartment* mengalami fluktuasi dari progres realisasinya. Percepatan pekerjaan terjadi pada bulan Juli 2019 sampai dengan bulan November 2019. Pekerjaan mengalami percepatan yang ditunjukkan oleh nilai deviasi positif. Bulan September 2019 memiliki nilai percepatan terbesar dengan nilai deviasi sebesar 1,48%. Sedangkan, pada bulan Desember 2019 mengalami keterlambatan yang berimbas pada bulan berikutnya. Pada bulan Juni 2020 mengalami keterlambatan terbesar dengan nilai deviasi mencapai -13,67%. Hal itu disebabkan karena adanya keterlambatan dalam pengadaan barang MEP dan faktor cuaca.

Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak kontraktor, faktor penyebab keterlambatan pada proyek ini adalah keterlambatan pengadaan logistik MEP dan keadaan cuaca. Wilayah Bogor memiliki curah hujan yang tinggi dan keadaan cuaca yang tidak menentu sehingga menyebabkan proses pengecoran terhambat. Selain itu pihak owner dan kontraktor sepakat apabila keadaan cuaca tidak mendukung dilakukan pemberhentian sementara sampai keadaan normal kembali. Faktor cuaca seharusnya tidak menjadi faktor penghambat dalam pengerjaan suatu proyek, hal tersebut sudah harus diantisipasi ketika merencanakan penjadwalan proyek.

Percepatan kinerja pelaksanaan proyek harus dilakukan sehingga diperoleh kurva S yang tidak memiliki nilai deviasi bernilai negatif. Keterlambatan yang terjadi mampu dikejar oleh pihak kontraktor sehingga pada bulan Desember 2020 pekerjaan dapat selesai tepat pada waktunya dengan bobot progres realisasi kumulatif sama dengan progres rencana kumulatif atau nilai deviasi sama dengan 0%.

Percepatan pekerjaan pada proyek *Jasmine Park Apartment* dilakukan dengan menambah jam kerja (lembur) serta penambahan jumlah pekerja.

KESIMPULAN

Penerapan BIM menggunakan *software Tekla Structure 2019i* dapat dengan baik memodelkan pemodelan 3D dan 4D pada pembangunan *Jasmine Park Apartment Bogor*. Kelebihan dalam penggunaan *software Tekla Structure 2019i* dapat melakukan pemodelan 3D dilakukan berdasarkan *shop drawing* tanpa analisis pembebanan dan dapat dilihat spesifikasinya pada *Model Organizer*. Pemodelan 4D dilakukan dengan menambahkan jadwal pekerjaan yang terhubung dengan pemodelan 3D dengan *tools task manager*.

Dari analisis kinerja waktu menggunakan kurva S didapatkan bahwa proyek ini mengalami keterlambatan dengan nilai deviasi tertinggi pada bulan Juni 2020 sebesar -13,67%.

Berdasarkan hasil wawancara dan diskusi dengan pihak kontraktor faktor penyebab keterlambatan pada proyek ini adalah keterlambatan pengadaan MEP dan keadaan cuaca. Percepatan pekerjaan dilakukan dengan menambah jam kerja (lembur) serta penambahan jumlah pekerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardani. 2009. *Analisa Penerapan Manajemen Waktu pada Proyek Konstruksi Jalan* [skripsi]. Sumatera Utara (ID): Universitas Sumatera Utara.
- Berlian PCA, Adhi RP, Hidayat A, Nugroho H. 2016. *Perbandingan efisiensi waktu, biaya, dan sumber daya manusia antara metode Building Information*

- Modelling (BIM) dan konvensional (studi kasus: perencanaan gedung 20 lantai). *Jurnal Karya Teknik Sipil*. 5(2): 220-229.
- [DepPU] Departemen Pekerjaan Umum. 2006. Pedoman Teknis Fasilitas dan Aksesibilitas pada Bangunan Gedung dan Lingkungan. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 36/PRT/M/2006. Jakarta (ID): Departemen Pekerjaan Umum.
- Eastman C, Teicholz P, Sacks R, Liston K. 2011. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modelling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. New Jersey(US): Wiley.
- Firoz S, Rao SK. 2012. Modelling concept of sustainable steel building by Tekla *Software*. *International Journal of Engineering Research and Development*. 1(5): 18-24.
- [KemenPUPR] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2018. Pembangunan Bangunan Gedung Negara. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 22PRT/M/2018. Jakarta (ID): Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Sulistio W, Andi. 2016. Perbandingan penjadwalan proyek menggunakan kurva “s” dan cpm network pada proyek “x” di Surabaya. *Jurnal Dimensi Utama Teknik Sipil*. 3(2):1-8.
- Sutomo Y, Anhar S, Firmanto A. 2016. Analisis manajemen proyek pembangunan kantor pt. prima multi usaha Indonesia. *Jurnal Konstruksi*. 5(4): 435-444.