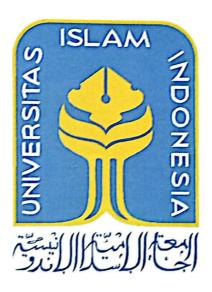
# **TUGAS AKHIR**

# IMPLEMENTASI KONSEP BIM 4D DALAM RENCANA PENJADWALAN PEKERJAAN STRUKTUR GROUNDSILL (IMPLEMENTATION OF THE 4D BIM CONCEPT IN ON GROUNDSILL WORK SCHEDULING PLAN)

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Sipil



Fahriza Luth 18511273

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL PROGRAM SARJANA FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA 2023

### **TUGAS AKHIR**

# IMPLEMENTASI KONSEP BIM 4D DALAM RENCANA PENJADWALAN PEKERJAAN STRUKTUR GROUNDSILL (IMPLEMENTATION OF THE 4D BIM CONCEPT IN ON GROUNDSILL WORK SCHEDULING PLAN)

Disusun oleh

Fahriza Luth 18511273

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik sipil

Diuji pada tanggal: 21 Desember 2023

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

M.T. IPM.

Ir. Vendie Abma NIK: 155111310

Penguji I

Ir. Fitri Nugraheni, Ph.D. IPM.

NIK: 005110101

Penguji II

NIK:195110502

Mengesahkan, Ketua Program Studi Teknik Sipil

13/2024

Ir. Yunalia Muntaff M.T., Ph.D. (Eng)., IPM.

NIK: 095110101

### PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat menyelesaikan program studi Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau Sebagian Tugas Akhir ini bukan karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 21 Desember 2023 Yang membuat pernyataan,

> Fahriza Luth 18511273

D2ALX044435355

### KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, sehingga dapat terselesaikannya Tugas Akhir yang berjudul *Implementasi Konsep BIM 4D Dalam Rencana Penjadwalan Pekerjaan Groundsill*, yang merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan tingkat Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi, namun saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, ucapan terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada:

- Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T, M.T., Ph.D. (Eng)., IPM. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- 2. Bapak Ir. Vendie Abma, S.T., M.T. IPM. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, menasehati, dan memberikan tambahan ilmu.
- 3. Ibu Ir. Fitri Nugraheni, S. T., M. T., Ph.D. IPM. Selaku penguji 1
- Bapak Tri Nugroho Sulistyantoro, S. T., M. T. Selaku penguji 2
   Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat memberi manfaat bagi kita semua.

Yogyakarta, 21 Desember 2023

Fahriza Luth

18511273

### KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, sehingga dapat terselesaikannya Tugas Akhir yang berjudul *Implementasi Konsep BIM 4D Dalam Rencana Penjadwalan Pekerjaan Groundsill*, yang merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan tingkat Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi, namun saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, ucapan terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada:

- Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T, M.T., Ph.D. (Eng)., IPM. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- 2. Bapak Ir. Vendie Abma, S.T., M.T. IPM. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, menasehati, dan memberikan tambahan ilmu.
- 3. Ibu Ir. Fitri Nugraheni, S. T., M. T., Ph.D. IPM. Selaku penguji 1
- Bapak Tri Nugroho Sulistyantoro, S. T., M. T. Selaku penguji 2
   Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat memberi manfaat bagi kita semua.

Yogyakarta, 21 Desember 2023

Fahriza Luth

18511273

### DEDIKASI

Tugas Akhir ini saya dedikasikan untuk:

- (Alm) Bapak Muhammad Abdul Jafar dan Ibu Saodah selaku orang tua saya yang telah mendoakan serta mendukung saya dalam segala hal, serta Ahmad Hadi Suprapto selaku kakak kandung saya yang telah memberikan dukungannya sehingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
- Bapak, Ir. Vendie Abma, S.T., M.T. IPM sebagai Dosen Pembimbing saya yang sabar, selalu memberi saya banyak saran, kritik membangun, peluang untuk berpikir lebih maju dan masih banyak lagi dalam setiap proses pengerjaan Tugas Akhir saya hingga selesai.
- Teman teman semua yang telah memotivasi dan membantu saya, yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.
- 4. Dan yang terakhir, kepada diri saya sendiri. Fahriza Luth. Terima kasih sudah bertahan sejauh ini. Terima kasih tetap memilih berusaha dan merayakan dirimu sendiri sampai di titik ini, walau sering kali merasa putus asa atas apa yang diusahakan dan belum berhasil, namun terima kasih tetap menjadi manusia yang selalu mau berusaha dan tidak lelah untuk mencoba. Terima kasih karena memutuskan tidak menyerah sesulit apapun proses penyusunan tugas akhir ini dan telah menyelesaikannya sebaik dan semaksimal mungkin, ini merupakan pencapian yang patut dirayakan untuk diri sendiri. Berbahagialah selalu dimanapun berada.

## **DAFTAR ISI**

TUGAS AKHIR	1
TUGAS AKHIR	íí
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	ív
DEDIKASI	v
DAFTAR ISI	ví
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	х
DAFTAR LAMPIRAN	хi
ABSTRAK	xii
ABSTRACT	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Konsep Building Information Modeling (BIM)	5
2.2 Implementasi 4D Building Information Modeling (BIM)	5
2.3 Implementasi Software 3D Building Information Modeling	6
2.4 Software 4D Building Information Modeling	7
2.5 Estimasi Durasi Pekerjaan dan Rencana Penjadwalan	8
2.6 Tabel Perbandingan Penelitian	8
2.7 Posisi Peneliti	11
BAB III LANDASAN TEORI	12
3.1 Manajemen Proyek	12
3.2 Perkembangan Manajemen Proyek	12
3.3 Building Information Modeling (BIM)	13

3.3.1 Level of Development (LOD)	15
3.3.2 Quantity Take Off Material	17
3.4 Penjadwalan	17
3.5 Work Breakdown Structure (WBS)	19
3.5.1 Urutan Hubungan Keterkaitan Tiap Pekerjaan	19
3.6 Estimasi Durasi Pekerjaan	20
3.7 Rencana Tenaga Kerja	21
3.8 4D BIM	22
3.9 Ambang Dasar (GroundSill)	24
BAB IV METODE PENELITIAN	27
4.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	27
4.2 Objek Penelitian	27
4.3 Data Penelitian	27
4.4 Perangkat Lunak	28
4.5 Tahapan Penelitian	28
4.5.1 Studi Literatur	29
4.5.2 Pengumpulan Data	29
4.5.3 Work Breakdown Structure (WBS) dan Hubungan Keterkaitan	
Pekerjaan	29 29
4.5.4 Rencana Tenaga Kerja 4.5.5 Pemodelan	
4.5.6 Implementasi 4D BIM	30
	33
4.6 Bagan Alir Penelitian BAB V DATA, ANALISIS DAN PEMBAHASAN	35
5.1 Data Penelitian	38
	38
5.1.1 Informasi Data Proyek	38
5.1.2 Dokumen Proyek	38
5.2 Analisis Data	38
5.2.1 Work Breakdown Structure (WBS)	41
5.2.2 Quantity Take Off Material	43
5.3 Durasi	47
5 2 1 Deoduktivitas Pekerigan	47

5.3.2 Rencana Durasi Pekerjaan	51
5.3.3 Rekapitulasi Durasi Pekerjaan	52
5.4 Implementasi 4D BIM Dengan Output 4D Scheduling Simulation Menggunakan Software Bexel Manager	54
5.4.1 Export File dari Software Revit kedalam Software Baxel Manager	54
5.4.2 Pengaturan Awal	55
5.4.3 Membuat Zone Editor	55
5.4.4 Memasukan Data	56
5.4.5 Hasil Analisis Penjadwalan	57
5.5 Pembahasan	58
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	60
6.1 Kesimpulan	60
6.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61
I AMPIRAN	63

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian	9
Tabel 5.1 Work Breakdown Structure Pekerjaan Struktur Groundsill 1	42
Tabel 5.2 Quantity Take Off Zona 1	46
Tabel 5.3 Koefesien Pekerjaan Galian Tanah	47
Tabel 5.4 Koefesien Pekerjaan Bekisting	48
Tabel 5.5 Koefesien Pekerjaan Beton Ready Mix K-175 dan K-225	49
Tabel 5.6 Rekapitulasi Satuan Kelompok Kerja dan Produktivitas	50
Tabel 5.7 Contoh Durasi Pekerjaan	52
Tabel 5 8 Rekanitulasi Durasi Pekeriaan	52

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 3.1 Dimensi Building Information Modelling	14
Gambar 3.2 Level of Development (LOD) BIM	15
Gambar 3.3 Bar Chart Pekerjaan Proyek Jembatan	18
Gambar 3.4 <i>Linear Schedule Method</i>	18
Gambar 3.5 Alur Pembuatan 4D BIM	23
Gambar 3.6 Ambang Datar dan Ambang Pelimpah	25
Gambar 4.1 Lokasi Proyek Pembangunan Groundsill Sungai Opak	27
Gambar 4.2 Flowchart Pemodelan Plaxis Designer	31
Gambar 4.3 Flowchart Pemodelan Autodesk Revit	33
Gambar 4.4 Flowchart Tahapan 4D Scheduling	34
Gambar 4.5 Flowchart Penelitian Tugas Akhir	37
Gambar 5.1 Detail Engineering Drawing (DED) Proyek	39
Gambar 5.2 Tampilan 3D Modelbase Kontur Tanah	40
Gambar 5.3 3D Modelbase Struktur Groundsill 1	41
Gambar 5.4 Tampilan Urutan Kerja Struktur Groundsill 1	42
Gambar 5.5 Tampilan New Schedule pada Software Revit 2024	44
Gambar 5.6 Tampilan Fields pada Software Revit 2024	45
Gambar 5.7 Tampilan Sorting/Grouping pada Software Revit 2024	45
Gambar 5.8 Tampilan Quantity Take Off pada Software Revit 2024	46
Gambar 5.9 Tampilan 3D ModelBase pada Software Baxel Manager	54
Gambar 5.10 Pengaturan Jam Kerja	55
Gambar 5.11 Zone Editor	56
Gambar 5.12 Tampilan Awal Gantt Chart	56
Gambar 5.13 Gantt Chart	57
Gambar 5.14 Line of Balance	57
Gambar 5 15 Jumlah Tenaga Kerja	58

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. DED Pekerjaan Struktur Groundsill 1
- Lampiran 2. 3D Modeling Struktur Groundsill 1
- Lampiran 3. Rekapitulasi Bill of Quantity
- Lampiran 4. Dokumen Wawancara dengan Pelaksana Proyek
- Lampiran 5. Output Penjadwalan 4D BIM
- Lampiran 6. Dokumen Penjadwalan Proyek

### ABSTRAK

Konsep BIM mewakili proyek konstruksi dalam model 3D dengan informasi penting di seluruh siklus konstruksi. Implementasi BIM saat ini semakin meningkat untuk mendukung perkembangan era konstruksi digital. Proses konstruksi berkelanjutan berbasis digital memberikan tantangan tersendiri yang mendorong penggunaan BIM. Penerapan BIM 4D dapat meningkatkan proses perencanaan dengan memvisualisasikan aktivitas proses konstruksi selama jadwal yang telah ditentukan. Hal ini dapat membantu mengidentifikasi kemungkinan konflik jadwal sejak dini. Kelebihan dan manfaat penerapan BIM 4D perlu dijajaki lebih lanjut kemungkinan penggunaan model kolaboratif, dan diterapkan pada perencanaan penjadwalan pekerjaan struktur groundsill.

Pemodelan kolaboratif melalui perangkat lunak yang mendukung pemodelan kondisi tanah dan telah dikolaborasikan dengan model struktur melalui perangkat lunak lain disajikan sebagai dasar model kolaboratif yang disesuaikan dengan perencanaan groundsill. Analisis BIM 4D untuk pengembangan model dan mendapatkan hasil durasi penjadwalan dengan proses penentuan perhitungan durasi aktivitas. Perhitungan ini dilakukan dengan mempertimbangkan volume pekerjaan dari *Quantity Take Off*.

Hasil rencana penjadwalan menunjukkan total durasi penyelesaian pekerjaan struktur groundsill adalah 97 hari. Implementasi kolaboratif model BIM masih terbatas, dan hasil 4D memberikan rincian visual durasi setiap pekerjaan menurut urutan yang benar dan hubungan terkait.

Kata Kunci: BIM, Groundsill, Estimasi Durasi, Penjadwalan, 4D BIM.

### 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 model 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.

Keywords: BIM, Groundsill, Duration Estimation, Scheduling, 4D BIM.

# BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sejak awal tahun 1990an, sistem gambar 2D telah digunakan hanya sebagai "papan gambar elektronik", menyalin dan menempelkan detail atau "blok" untuk mereplikasi gambar lebih cepat dari pada proses manual yang lama. Pemodelan informasi di industri bangunan dan konstruksi biasanya didefinisikan sebagai representasi komputer dari bangunan atau struktur, yang mencakup semua informasi penting yang diperlukan untuk membuat dan membangun elemen yang dimodelkan (Lester, 2017).

Mubarak, (2015) dalam bukunya menuliskan, BIM dapat dianggap sebagai teknologi baru atau teknik baru berdasarkan otomatisasi struktur padat fasilitas, pengurutan, estimasi biaya, manajemen fasilitas, dan penilaian siklus hidup. Ini adalah bentuk baru dari berbagi pengetahuan dan sumber daya yang memberikan dasar yang dapat diandalkan untuk pengambilan keputusan, penilaian yang dapat diandalkan mengenai kemungkinan bentrokan, masalah dan konflik, pelaksanaan proyek yang lebih sukses, dan peningkatan budaya kolaboratif. Sepuluh dimensi utama sistem BIM yang saling melengkapi dan memetakan evolusi pendekatan ini selama beberapa tahun terakhir, yang masih dalam pengembangan (Ershadi et al., 2021). BIM sejauh ini sudah mulai digunakan beberapa Perusahaan kontraktor di Indonesia, hal ini terkait dengan peraturan yang diterbitkan oleh Kementrian PUPR dalam permen PUPR No.10 tahun 2023, Bangunan Pintar atau Bangunan Gedung Cerdas yang selanjutnya disebut BGC adalah Bangunan Gedung Hijau yang menerapkan sistem manajemen bangunan pintar yang responsif terhadap konteks kawasan, lingkungan, kearifan lokal, dan kebutuhan pengguna yang memenuhi standar teknis Bangunan Gedung dan sistem keamanan dengan menggunakan teknologi tinggi yang terintegrasi dan bekerja secara otomatis sesuai dengan prinsip-prinsip keberlanjutan, fungsi, dan klasifikasi dalam setiap tahapan penyelenggaraannya.

Teknologi Industri 4.0 mengubah praktik konvensional di banyak industri dan menjadi pemimpin transformasi digital di industri tersebut. Dalam beberapa tahun terakhir, sektor konstruksi, yang terkenal dengan inovasi rendah tetapi berkontribusi besar pada PDB, telah dimodernisasi oleh teknologi *Building Information Modeling* (BIM). 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).

Perencanaan penjadwalan proyek harus dilakukan dengan benar agar pekerjaan proyek dapat dilakukan dengan lebih terkendali dan tepat waktu. Ini adalah alasan mengapa konsep *Building Information Modeling* (BIM) digunakan sebagai solusi teknologi untuk mengoptimalkan pekerjaan konstruksi agar tepat waktu dan tepat waktu (Rifqi, 2022), (Sustiawan & Husin, 2021). Salah satu struktur alternatif yang dapat dibangun di badan air adalah struktur groundsill. Struktur ini dapat dibangun dengan tujuan untuk mengurangi kecepatan aliran air sambil mempertahankan laju sedimentasi di daerah hulu struktur Sutopo & Saputro, (2020). Perangkat lunak permodelan diperlukan untuk mendukung konsep *Building Information Modeling* (BIM) (Tidar S & Nuranto, 2023). 4D BIM memunginkan untuk menghubungkan tugas-tugas dalam rencana proyek dengan komponen model 3D dan membandingkannya rencana proposal yang berbeda dengan memvisualisasikan urutan pekerjaan dan durasi setiap tugas (Chiara De Falco et al., 2020).

Penelitian ini akan mengembangkan konsep Building Information Modeling (BIM) untuk perencanaan penjadwalan proyek. Penelitian ini akan memodelkan konsep BIM dengan menggunakan Plaxis Designer dan Autodesk Revit, serta Baxel Manager. Model 3D merupakan perwakilan dari panjang, lebar dan tinggi suatu benda (Abma & Rachmawati, 2022).Dengan adanya model 3D maka digunakan untuk memvisualisasikan proyek saat ini dengan penjadwalan proyek, simulasi

penjadwalan 4D akan dibuat untuk dianalisis untuk menghitung durasi waktu normal proyek saat ini. Diharapkan hasil penelitian ini akan memungkinkan penerapan konsep 4D BIM dalam rencana penjadwalan proyek.

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang akan diambil adalah berapa durasi pekerjaan bedasarkan penerapan penjadwalan dengan konsep 4D BIM pada tahap perencanaan dengan mengimplementasikan konsep Building Information Modeling (BIM) pada pekerjaan struktur groundsill 1.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah memperoleh durasi hasil penjadwalan dengan konsep 4D BIM pada tahap perencanaan dengan mengimplementasikan konsep *Building Information Modeling* (BIM) pada pekerjaan struktur groundsill 1.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

- 1. Memberikan pengetahuan dan pembelajaran tentang penerapan konsep Building Information Modeling (BIM) dalam perencanaan penjadwalan proyek melalui pemodelan 3D dan 4D.
- 2. Memberikan pengetahuan dan pembelajaran kepada mahasiswa tentang penerapan konsep BIM di dunia kerja.
- 3. Untuk menunjukkan betapa pentingnya menerapkan *Building Information Modeling* (BIM) dalam proyek pembangunan groundsill sungai opak.

#### 1.5 Batasan Penelitian

Penelitian Tugas Akhir ini memiliki batasan, jadi fokus penelitian tetap pada subjek yang dibahas. Ini adalah batasan penelitian ini.

- ١. Dengan menggunakan konsep 4D BIM, simulasi perencanaan penjadwalan hanya dapat dilakukan pada pekerjaan Struktur Groundsill 1 tanpa melibatkan pekerjaan lainnya.
- 2. Desain kontur tanah 3D dibuat menggunakan software Plaxis Designer.
- 3. Durasi pekerjaan dihitung menggunakan jumlah take off dan data proyek menggunakan software Autodesk Revit.
- 4. Software Baxel Manager digunakan untuk membuat simulasi perencanaan penjadwalan 4D.

# BAB II TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1 Konsep Building Information Modeling (BIM)

Ershadi et al., (2021) melakukan penelitian dengan judul makalah "Implementation of Building Information Modelling in Infrastructure construction: a study of dimensions and strategies". Dimulainya model informasi bangunan (BIM) telah mengubah industri konstruksi infrastruktur dengan menambahkan alat manajemen informasi yang dapat digunakan secara real-time dan kolaboratif sepanjang siklus proyek. Studi sebelumnya telah menekankan pentingnya BIM dalam industri ini. Namun, pendekatan untuk menerapkan sistem ini masih kurang dipelajari, yang memerlukan elaborasi dan validasi tambahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa BIM menggabungkan berbagai aspek konstruksi infrastruktur, seperti risiko, waktu, biaya, energi, keselamatan, dan keberlanjutan. Diputuskan bahwa strategi implementasi harus berkonsentrasi pada meningkatkan kontribusi sistem BIM terhadap konstruksi infrastruktur dengan meningkatkan integritas dan otomatisasi, kolaborasi, dan optimalisasi.

### 2.2 Implementasi 4D Building Information Modeling (BIM)

Chiara De Falco et al., (2020) melakukan penelitian dengan judul makalah "BIM for Infrastructure: an efficient process to achieve 4D and 5D digital dimensions". Pengenalan metode Building Information Modeling (BIM) ke dalam praktik teknik sipil memungkinkan optimalisasi desain melalui peningkatan kontrol semua komponen proyek dan peningkatan kolaborasi antara semua profesional terkait. Di Italia, para ilmuwan dan profesional telah menaruh perhatian besar pada bidang ini, terutama setelah penerapan undang-undang nasional DM 560/2017. Dokumen tersebut secara bertahap akan melakukan standarisasi integrasi prosedur tender berbasis BIM untuk kontraktor publik besar. Makalah ini bertujuan untuk mengusulkan metode penerapan optimasi model dinamis waktu (4D) dan biaya (5D) pada berbagai tahap proyek. Untuk mencapai tujuan ini, proses ini bergantung

pada berbagai alat pembuat dan perangkat lunak pemodelan 4D/5D yang mampu menggabungkan berbagai data proyek dalam lingkungan bersama yang unik. Cara paling efektif untuk memaksimalkan interoperabilitas antar kode yang berbeda akan dijelaskan. Dalam hal ini, model dinamis diperkenalkan yang melibatkan metode survei kuantitas yang berorientasi pada optimasi dan definisi jadwal manajemen desain. Penting untuk ditekankan bahwa aspek-aspek ini merupakan dua isu utama dalam kriteria evaluasi proyek teknik sipil. Selain itu, proses dua arah ini memungkinkan perkiraan biaya proyek yang lebih akurat dan waktu kegiatan konstruksi yang optimal. Terakhir, perlu diingat bahwa jika terjadi perubahan terbatas selama fase desain, model dinamis dapat mengulangi proses secara efektif dan secara signifikan mengurangi waktu penghitungan keseluruhan.

#### 2.3 Implementasi Software 3D Building Information Modeling

Tidar S & Nuranto, (2023) melakukan penelitian dengan judul skripsi "Implementasi Building Information Modelling (BIM) Pada Evaluasi Pelaksanaan Tanggul Jetty Terhadap Nilai Stabilitas Tanggul Jetty Timur Muara Sungai Bogowonto, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi D.I.Yogyakarta". Pembangunan Dermaga Pengaman Muara Bogowonto berfungsi sebagai penahan banjir bagi KSN YIA. Selain pembangunan dermaga, juga dibangun tanggul muara sepanjang 258.5 meter. Dalam pembangunan tanggul, muncul permasalahan ketika balok beton pembentuk badan utama tanggul terguling. Hal ini disebabkan oleh cara konstruksi yang tidak sesuai dengan desain awal, yaitu tidak disediakannya kaki-kaki timbunan balok beton yang seharusnya melindungi badan utama timbunan dari erosi. Selain cara konstruksi yang tidak tepat dan erosi dasar sungai, faktor lain yang menyebabkan keruntuhan adalah berat balok beton itu sendiri sebesar 10 ton/m STA dan beban crawler crane yang lewat sebesar 42,46 kN/m2. Atas permasalahan yang muncul maka dilakukanlah desain ulang. Oleh karena itu, langkah selanjutnya adalah menganalisis kestabilan tanah pada kondisi eksisting dan pada saat didesain ulang menggunakan sheetpile CCSP (Corrugated Concrete Sheet Piling). Analisis dilakukan dengan menggunakan software Plaxis V.21 untuk menghitung kestabilan tanah pada kondisi perencanaan eksisting dan kondisi pasca perubahan desain, kemudian membandingkan hasil nilai faktor keamanan pada kedua kondisi tersebut. Nilai faktor keamanan pada kondisi eksisting sebesar 0,722, sesuai dengan nilai SF1 termasuk dalam kategori kolaps. Setelah dilakukan analisis stabilitas, hasil pemodelan rolling divisualisasikan dalam 3D menggunakan software SketchUp dan dirender menggunakan Lumion 11.5.

## 2.4 Software 4D Building Information Modeling

Abma & Rachmawati, (2022) melakukan penelitian dengan judul makalah "Implementasi Konsep BIM 4D Dalam Perencanaan Time Schedule Dengan Analisis Resources Levelling". Teknologi informasi dalam industri konstruksi berkembang pesat. Teknologi konstruksi virtual dengan sistem komputasi dikembangkan menggunakan prinsip Building Information Modeling (BIM), memungkinkan terciptanya pemodelan 3D dalam domain konstruksi (arsitektur, struktural dan elektromekanis). Navisworks adalah aplikasi yang memfasilitasi proses desain dan penjadwalan pekerjaan arsitektur, struktur, mekanikal, elektrikal dan plumbing pada suatu proyek. Fitur di Navisworks mencakup deteksi konflik, garis waktu, animator, buku kerja kuantifikasi, dan banyak lagi. Pembangunan gedung Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Jenderal Soedirman menggunakan konsep BIM untuk membuat model 3D dengan Struktur Tekla. Pada penelitian sebelumnya item ini disusun dengan menggunakan metode diagram batang. Penelitian ini akan menggunakan metode PDM (Precedence Diagram Method) untuk membuat penjadwalan lebih spesifik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa menambahkan BIM ke Time Schedule pelaksanaan proyek dengan Navisworks dapat membantu mensimulasikan pelaksanaan proyek dan mengidentifikasi benturan antar item pekerjaan. Hasil Navisworks juga berdampak besar pada Model 3D dan Time Schedule MS Project. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode penjadwalan proyek yang berbeda, yaitu PDM (Precedence Diagram Method) dan Barchart, menghasilkan durasi pelaksanaan yang berbeda. Metode PDM lebih spesifik dalam hal hubungan kerja dan memiliki pembatasan jumlah sumber daya,

#### 2.5 Estimasi Durasi Pekerjaan dan Rencana Penjadwalan

Sustiawan & Husin, (2021) melakukan penelitian dengan judul makalah "Analisa RII (Relative Importance Index) Terhadap Faktor-Faktor yang Berpengaruh dalam Mengimplementasikan BIM 4D dan M-PERT pada Pekerjaan Struktur Bangunan Hunian Bertingkat Tinggi". Penelitian ini membahas faktorfaktor yang berpengaruh pada implementasi BIM 4D dan M-PERT pada pekerjaan struktur bangunan hunian tingkat tinggi dengan menggunakan Analisa RII (Index Relative Important). Penelitian ini dilakukan dengan metode deskriptif kuantitatif dan memberikan kuesioner kepada praktisi yang terlibat dalam pekerjaan struktur hunian tingkat tinggi. Hasilnya menunjukkan bahwa ada sepuluh faktor yang paling berpengaruh terhadap implementasi BIM 4D dan M-PERT pada pekerjaan struktur hunian tingkat tinggi.

#### Tabel Perbandingan Penelitian 2.6

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian menunjukkan perbedaan penelitian yang dilakukan berdasarkan penelitian sebelumnya.

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian

Peneliti	Judul	Lokasi	Tujuan	Metode	Hasil Penelitian
Ershadi et al., (2021)	Implementation of Building Information Modelling in Infrastructure construction: a study of dimensions and strategies	Australia	Untuk mengevaluasi metode ini dengan mempertimbangkan setiap dimensi yang diperlukan oleh sistem BIM dalam infrastruktur proyek konstruksi.	Diskusi teoritis dan wawancara semi- terstruktur.	BIM menggabungkan berbagai komponen infrastruktur konstruksi, seperti risiko, waktu, biaya, energi, keselamatan, dan keberlanjutan.
Chiara De Falco et al., (2020)	BIM for Infrastructure: an efficient process to achieve 4D and 5D digital dimensions	Italy	Untuk menciptakan jalan baru dan meningkatkan pengendalian proyek, gunakan Building Information Modeling (BIM) 4D dan 5D.	Metode BIM 4D dan 5D, serta pendekatan model dinamis.	Metode baru untuk proses BIM infrastruktur transportasi yang mengintegrasikan waktu dan biaya dalam model dua arah yang unik.
Tidar S & Nuranto, (2023)	Implementasi Building Information Modelling (BIM) Pada Evaluasi Pelaksanaan Tanggul Jetty Terhadap Nilai Stabilitas Tanggul Jetty Timur Muara Sungai Bogowonto	Kabupaten Kulon Progo, Provinsi D.I.Yogyakarta	Rekonstruksi tanggul karena kesalahan teknik konstruksi yang tidak sesuai dengan desain awal.	Building Information Modeling (BIM) dan Analisis Stabilitas Tanah dengan Plaxis V.21.	Nilai faktor keamanan pada kondisi saat ini 0,722 dianggap runtuh karena nilai SF1, dan pada kondisi redesign nilai SF 2,026 dianggap aman karena nilai SF lebih dari 1.

# Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian

Abma & Rachmawati, (2022)	Implementasi Konsep BIM 4D Dalam Perencanaan Time Schedule Dengan Analisis Resources Levelling	Gedung Fakultas Kesehatan Universitas Jenderal Soedirman	Menghitung kebutuhan tenaga kerja, membuat menggunakan software Microsoft Project, dan menjadwalkan model 3D menggunakan	PDM (Precedence Diagram Method) dan Barchart.	Durasi pelaksanaan berbeda karena metode penjadwalan proyek yang berbeda, yaitu PDM (Precedence Diagram Method) dan Barchart.
Sustiawan & Husin, (2021)	Analisa RII (Relative Importance Index) Terhadap Faktor-Faktor yang Berpengaruh dalam Mengimplementasikan BIM 4D dan M-PERT pada Pekerjaan Struktur Bangunan Hunian Bertingkat Tinggi	Proyek Bangunan Hunian Bertingkat Tinggi	Naviswork.  Analisa Relative Importance Index (RII) digunakan untuk menerapkan BIM 4D dan M-PERT pada pekerjaan struktur bangunan hunian tingkat tinggi.	Menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan mengirimkan kuesioner ke praktisi mengenai pekerjaan yang berkaitan dengan struktur hunian bertingkat tinggi.	Ada sepuluh komponen utama yang memengaruhi penerapan BIM 4D dan M-PERT. Ini termasuk detail gambar, jadwal proyek, presentase keterlambatan, pemodelan aktivitas, penggabungan kegiatan proyek, perencanaan desain bangunan, integrasi penjadwalan, visualisasi, dan peningkatan produktivitas.

#### 2.7 Posisi Peneliti

Penelitian ini akan menganalisis bagian perencanaan 4D Scheduling dengan menggunakan Software Baxel Manager dari BIM (Building Information Modeling). Diharapkan bahwa alat ini akan membantu mengoptimalkan penjadwalan yang telah direncanakan.

# BAB III LANDASAN TEORI

## 3.1 Manajemen Proyek

Manajemen proyek memungkinkan organisasi untuk menyelesaikan proyek secara efektif dan efisien melalui penerapan dan integrasi proses manajemen proyek yang diidentifikasi untuk proyek. (*Project Management Institute*, 2017).

## 3.2 Perkembangan Manajemen Proyek

Watt, (2014) di dalam bukunya menyatakan, pada akhir abad ke-19, di Amerika Serikat, proyek pemerintah berskala besar menjadi pendorong pengambilan keputusan penting yang menjadi dasar metodologi manajemen proyek seperti jalur kereta api lintas benua, yang mulai dibangun pada tahun 1860-an.

Gantt Chart adalah jenis diagram batang populer yang menggambarkan jadwal proyek dan telah menjadi teknik umum untuk mewakili fase dan aktivitas suatu proyek sehingga dapat dipahami oleh khalayak luas. Gantt Chart digunakan pada proyek infrastruktur besar di Amerika Serikat termasuk Bendungan Hoover dan sistem jalan raya antar negara bagian dan masih diterima hingga saat ini sebagai alat penting dalam manajemen proyek. Pada pertengahan abad ke-20, proyek dikelola secara organisasi dengan menggunakan sebagian besar Gantt Chart serta teknik dan alat informal. Pada saat itu, Proyek Manhattan dimulai dan kompleksitasnya hanya mungkin terjadi karena metode manajemen proyek. Metode jalur kritis (CPM) dikembangkan dalam usaha patungan oleh DuPont Corporation dan Remington Rand Corporation untuk mengelola proyek pemeliharaan pabrik. Jalur kritis menentukan float, atau fleksibilitas jadwal, untuk setiap aktivitas dengan menghitung tanggal mulai paling awal, tanggal selesai paling awal, paling lambat. Setiap aktivitas dengan waktu float sama dengan nol dianggap sebagai tugas jalur kritis. Manajemen proyek dalam bentuknya yang sekarang mulai mengakar beberapa dekade yang lalu. Pada awal tahun 1960an, organisasi industri dan bisnis mulai memahami manfaat pengorganisasian pekerjaan seputar proyek. Mereka memahami kebutuhan penting untuk mengkomunikasikan dan mengintegrasikan pekerjaan di berbagai departemen dan profesi.

Proyek adalah upaya sementara yang dilakukan untuk menciptakan produk, layanan, atau hasil yang unik. Sifat sementara dari proyek menunjukkan awal dan akhir yang pasti. Sementara tidak selalu berarti sebuah proyek memiliki durasi yang singkat. Akhir dari sebuah proyek tercapai ketika tujuan telah tercapai atau ketika proyek dihentikan karena tujuan tujuan tidak akan atau tidak dapat dipenuhi, atau ketika kebutuhan untuk proyek tidak ada lagi. Keputusan untuk mengakhiri sebuah proyek memerlukan persetujuan dan otorisasi dari pihak yang berwenang. (Project Management Institute, 2017).

#### 3.3 **Building Information Modeling (BIM)**

Hardin and McCool, (2015) menyatakan bahwa komunitas konstruksi melihat pergeseran dari 3D atau aspek visualisasi Building Information Modeling (BIM) ke alat khusus alur kerja yang diterapkan langsung untuk memecahkan masalah dunia nyata, seperti verifikasi instalasi, pengurutan, dan estimasi. Industri dialog sekarang beralih ke pertanyaan umum tentang bagaimana kami mengoptimalkan penangkapan yang efektif, analisis, dan penyebaran informasi secara real time untuk membuat proyek lebih sukses. Sebagai hasil dari pergeseran fokus ini, alat yang ada diadaptasi dan yang baru sedang dibuat diciptakan untuk menjawab tantangan tersebut. Adopsi BIM ke dalam praktik manajemen konstruksi telah mengubah konstruksi konvensional dari apa yang dimaksudkan sebagai manajer konstruksi dan mengubahnya menjadi cara baru untuk melihat bagaimana kita bekerja. Di BIM (Building Information Modeling) versi pertama dan Manajemen Konstruksi, bahwa BIM bukan hanya perangkat lunak melainkan, ini adalah proses dan perangkat lunak. Mengambil satu langkah lebih jauh, sekarang melihat bahwa penggunaan BIM yang sukses membutuhkan tiga faktor utama:

#### ١. Proses

Manajemen konstruksi dan banyak Perusahaan lain yang berfokus pada teknik mencoba cenderung dan mengambil baru teknologi mengintegrasikannya dalam proses lama. Pendekatan ini menciptakan pemborosan dengan tidak memperhitungakan implikasi alat baru dan proses yang ada, serta alur kerja yang harus berubah untuk mencapai hasil yang lebih efesien. Salah satu contohnya adalah evolusi deteksi dan resolusi bentrokan.

#### 2. Teknologi

Untuk integrasi BIM yang berhasil, alat BIM yang berfungsi harus digunakan. Meskipun kedengarannya sederhana, alat perlu dipelajari lebih lanjut setelah penjualan. Tim harus memiliki strategi untuk menganalisis teknologi baru dan memilihnya, karena ini menentukan seberapa gesit dan responsif nantinya. Dalam industri konstruksi, ada tiga metode umum untuk memilih alat, masing-masing dengan hasil yang berbeda.

#### 3. Kebiasaan

Perilaku adalah yang paling sulit untuk diubah, dari tiga komponen utama vang 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 manajemen konstruksi berkolaborasi adalah inti dari BIM, yang tidak terbatas pada pengembangan perangkat lunak. Apa yang sebenarnya kita maksud dengan "perilaku"? Dalam konteks proyek konstruksi, perilaku yang mendukung BIM adalah komponen penting.

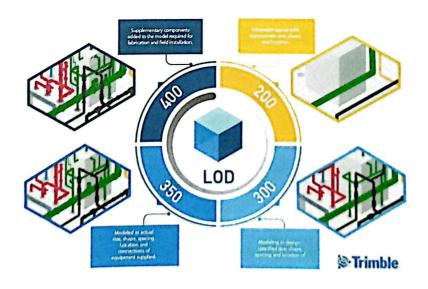


Gambar 3. 1 Dimensi Building Information Modelling (Sumber: PUPR, 2018)

#### Level of Development (LOD) 3.3.1

Hardin and McCool, (2015) menyatakan mayoritas orang, apa pun profesinya, memahami konsep model virtual, tetapi apa yang terjadi di industri ini adalah bahwa dengan hanya menyatakan "virtual virtual" sebagai persyaratan telah menciptakan kebingungan dan frustrasi. Ini akan serupa dengan pemilik yang mengatakan dia menginginkan "bangunan" sebagai persyaratan, yang menyisakan banyak ruang untuk interpretasi. Untuk alasan ini, berbagai organisasi telah menemukan cara untuk menentukan level pemodelan virtual, yang biasa disebut sebagai level of development (LOD).

LOD didefinisikan oleh AIA E203 sebagai "dimensi minimum, spasial, kuantitatif, kualitatif, dan data lain yang termasuk dalam Elemen Model untuk mendukung Penggunaan yang diizinkan yang terkait dengan LOD tersebut." Sederhananya, ini mendefinisikan presisi dari elemen 3D dan jumlah informasi yang terkandung di dalam setiap elemen. Saat ini ada tiga matriks LOD utama yang digunakan di Amerika Serikat: AIA, BIMForum, dan Korps Insinyur Angkatan Darat AS (USACE). Masing-masing memiliki sedikit pendekatan yang berbeda, tetapi semuanya didasarkan pada konsep yang sama.



Gambar 3.2 Level of Development (LOD) BIM (Sumber: Trimble, 2023)

LOD kadang-kadang diartikan sebagai Level of Detail (tingkat detail) daripada Level of Development (tingkat pengembangan). Tingkat detail pada dasarnya adalah seberapa banyak detail dimasukkan dalam elemen model. Sedangkan tingkat pengembangan adalah sejauh mana geometri elemen dan informasi terlampir dan sejauh mana anggota tim proyek dapat bergantung pada informasi saat menggunakan model. (PUPR, 2018)

PUPR, (2018) menyatakan definisi dasar *Level of Development* (LOD) sebagai berikut.

### a. LOD 100

Elemen Model dapat ditampilkan secara grafis dalam Model dengan simbol atau representasi generik lainnya, tetapi tidak memenuhi persyaratan untuk LOD 200. Terkait dengan Elemen Model (yaitu biaya per kaki persegi, tonase HVAC, dll.) dapat diturunkan dari Elemen Model lainnya.

### b. LOD 200

Elemen Model secara grafis diwakili dalam Model sebagai sistem umum, objek, atau perakitan dengan perkiraan jumlah, ukuran, bentuk, lokasi, dan orientasi. Informasi non-grafis juga dapat dilampirkan ke Elemen Model.

### c. LOD 300

Elemen Model secara grafis direpresentasikan dalam Model sebagai sistem, objek atau perakitan spesifik dalam hal kuantitas, ukuran, bentuk, lokasi, dan orientasi. Informasi non-grafis juga dapat dilampirkan ke Elemen Model.

### d. LOD 400

Elemen Model secara grafis direpresentasikan dalam Model sebagai sistem, objek, atau perakitan tertentu dalam hal kuantitas, ukuran, bentuk, orientasi, dan antarmuka dengan sistem bangunan yang lain. Informasi nongrafis juga dapat dilampirkan ke Elemen Model.

### e. LOD 500

Elemen Model secara grafis diwakili dalam Model sebagai sistem, objek atau perakitan tertentu dalam hal ukuran, bentuk, lokasi, kuantitas, dan orientasi dengan detail, informasi fabrikasi, perakitan, dan pemasangan. Informasi nongrafis juga dapat dilampirkan ke Elemen Model.

# 3.3.2 Quantity Take Off Material

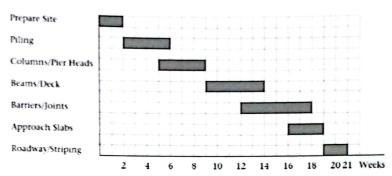
Cepni & Akcamete, (2021) menyatakan Quantity Take Off (QTO) merupakan bagian tak terpisahkan dari proyek karena digunakan untuk estimasi penjadwalan dan perhitungan biaya. Namun, mendapatkan Quantity Take Off (QTO) yang akurat dari gambar 2D dengan metode konvensional sangatlah memakan waktu. Oleh karena itu, penggunaan Building Information Modelling (BIM) untuk mendapatkan Quantity Take Off (QTO) semakin meningkat. Quantity Take Off (QTO) sendiri sangat penting dan diperlukan selama bebearapa fase desain dan proses konstruksi.

Proses QTO terdiri dari empat langkah: pemodelan BIM, verifikasi kualitas fisik, verifikasi properti, dan *Quantity Take Off*. Pemodelan BIM menggunakan alat pembuat BIM itu mendukung format IFC. Kualitas fisik model BIM diverifikasi oleh perangkat lunak komersial, SMC (*Solibri Model Checker*). Langkah ini dapat memastikan keakuratan informasi kuantitas. Verifikasi properti melibatkan penggalian structural elemen dan memeriksa kode konstruksi untuk memperpanjang pekerjaan estimasi. Model BIM membutuhkan verifikasi data fisik untuk menghitung kuantitas untuk estimasi skematik dari bingkai (Choi et al., 2015).

### 3.4 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.

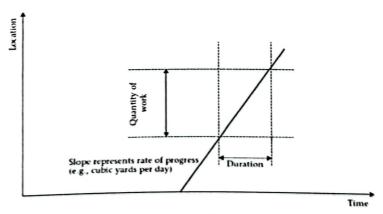
### 1. Bar Chart



Gambar 3. 3 Bar Chart Pekerjaan Proyek Jembatan (Sumber: Mubarak, 2015)

Diagram batang awalnya dikembangkan oleh Henry L. Gantt, seorang insinyur mesin Amerika, pada tahun 1917 dan disebut juga diagram *Gantt*. Ini dengan cepat menjadi popular terutama di industri konstruksi karena kemampuannya untuk merepresentasikan aktivitas proyek secara grafis dengan jelas, sederhana, dan dalam skala waktu. Sebelum diagram batang dapat dibuat untuk suatu proyek, proyek tersebut harus dipecah menjadi komponen-komponen yang lebih kecil, yang masing-masing disebut aktivitas atau tugas. Namun, penjadwal harus mengambil pendekatan yang seimbang untuk membagi proyek menjadi sejumlah aktivitas yang wajar, mudah diukur dan dikendalikan tanpa terlalu rinci (Mubarak, 2015).

## 2. Metode LSM (Linear Schedule Method)



Gambar 3. 4 Linear Schedule Method (Sumber: Mubarak, 2015)

Dalam LSM, kemiringan menunjukkan "kecepatan", atau laju produksi, karena sumbu x dan y menunjukkan waktu dan jarak. Tingkat produksi akan berbeda satu sama lain dalam situasi di mana ada lebih dari satu kegiatan. Di LSM, jarak horizontal antara dua garis menunjukkan pergerakan aktivitas sebelumnya, yang disebut buffer waktu. Di LSM, jarak vertikal menunjukkan jarak yang memisahkan kedua operasi. Garis tidak boleh berpotongan, karena itu berarti penerusnya harus mendahului pendahulunya. Perlu diingat bahwa label "Lokasi" pada sumbu Y sebagian besar digunakan untuk proyek konstruksi horizontal seperti jalan raya, utilitas, dll (Mubarak, 2015).

## 3.5 Work Breakdown Structure (WBS)

Project Management Institute, (2017) Work Breakdown Structure (WBS) adalah proses membagi pengiriman dan pekerjaan proyek menjadi bagian yang lebih kecil yang lebih mudah dikelola. Salah satu keuntungan utama dari proses ini adalah memberikan kerangka kerja tindakan yang diperlukan untuk menyelesaikan kiriman proyek. Dalam proyek, prosedur ini dilakukan satu kali.

WBS didefinisikan sebagai rincian kegiatan yang berorientasi pada tugas dan terperinci yang mengatur, mendefinisikan, dan secara grafis menampilkan semua pekerjaan yang harus diselesaikan untuk mencapai tujuan akhir suatu proyek. WBS membagi proyek ke dalam tingkatan yang lebih rinci. Setiap tingkat menurun mewakili definisi komponen proyek yang semakin rinci. Dalam penjadwalan konstruksi, komponen-komponen pada level WBS terbawah digunakan sebagai aktivitas untuk menyusun jadwal proyek. Seperti disebutkan sebelumnya, aktivitas dapat digulung untuk tujuan ringkasan (Mubarak, 2015).

## 3.5.1 Urutan Hubungan Keterkaitan Tiap Pekerjaan

Project Management Institute, (2017) Proses mengidentifikasi dan mendokumentasikan hubungan antara kegiatan proyek dikenal sebagai urutan kegiatan. Manfaat utama dari proses ini adalah mendefinisikan urutan logis dari pekerjaan untuk meningkatkan efisiensi dengan mempertimbangkan semua kendala proyek. Proses ini dilakukan sepanjang proyek.

Watt, (2014) didalam bukunya menuslis Hubungan Antar Aktivitas adalah daftar segala sesuatu yang perlu dilakukan untuk menyelesaikan proyek Anda, termasuk semua aktivitas yang harus diselesaikan untuk menyelesaikan setiap paket pekerjaan. Selanjutnya Anda ingin menentukan atribut aktivitas. Di sinilah deskripsi setiap aktivitas disimpan. Ini mencakup semua informasi yang Anda butuhkan untuk mencari tahu ditambah urutan pekerjaan. Aktivitas pendahulu, aktivitas penerus, atau kendala apa pun harus dicantumkan dalam atribut bersama dengan deskripsi dan informasi lainnya tentang sumber daya atau waktu yang Anda perlukan untuk perencanaan. Tiga jenis utama pendahulunya adalah finish-to-start (FS), start-to-start (SS), dan finish-to-finish (FF). Jenis pendahulunya yang paling umum adalah finish-to-start. Artinya, satu tugas harus diselesaikan sebelum tugas lain dapat dimulai. Ketika memikirkan para pendahulu, inilah yang biasanya di pikirkan; satu hal harus diakhiri sebelum hal berikutnya dapat dimulai.

### 3.6 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).

Menurut Manto, (2016) metode identifikasi yang melibatkan analisis harga satuan proyek dapat digunakan untuk mengetahui berapa lama proyek akan berlangsung. Persamaan (1) berikut dapat digunakan untuk menghitung jumlah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek.

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

Koefisien tenaga kerja dapat dihitung dengan menggunakan indeks tenaga kerja, yang dapat ditemukan baik dalam pedoman AHSP PUPR maupun dokumen AHS proyek.

### 3.7 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:

#### 1. Resource leveling

Suatu teknik di mana tanggal mulai dan selesai disesuaikan 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, misalnya ketika sumber daya telah ditugaskan ke dua aktivitas atau lebih dalam periode waktu yang sama atau terdapat perlu menjaga penggunaan sumber daya pada tingkat yang konstan. Perataan sumber daya sering kali dapat menyebabkan perubahan jalur kritis asli. Float yang tersedia digunakan untuk meratakan sumber daya. Akibatnya, jalur kritis dalam jadwal proyek dapat berubah.

#### 2. Resource smoothing

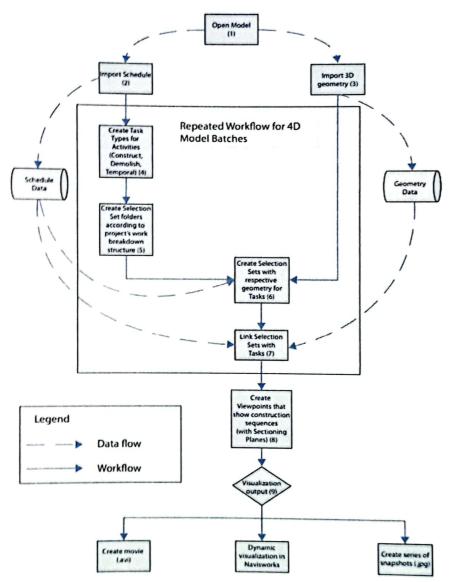
Suatu teknik yang menyesuaikan aktivitas model jadwal sedemikian rupa sehingga kebutuhan sumber daya pada proyek tidak melebihi batas sumber daya tertentu yang telah ditentukan. Dalam perataan sumber daya, bukan pemerataan sumber daya, jalur kritis proyek tidak berubah dan tanggal penyelesaian tidak mungkin tertunda. Dengan kata lain, aktivitas hanya dapat ditunda selama aktivitas bebas dan totalnya. Perataan sumber daya mungkin tidak dapat mengoptimalkan seluruh sumber daya.

## 3.8 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. Model 4D memungkinkan peserta proyek untuk memvisualisasikan dan mengevaluasi bagaimana proyek akan dilaksanakan selama durasi proyek yang telah ditentukan. Salah satu kontribusi besar model 4D BIM terhadap teknologi penjadwalan adalah bahwa model tersebut secara otomatis menangkap variasi antara jadwal aktual dan jadwal yang direncanakan dengan mensimulasikan model virtualnya jika data lokasi aktual diambil (yaitu, dengan foto selang waktu). Jadi, lebih banyak lagi Penilaian yang handal dan reliabel dapat dilakukan karena adanya informasi visual mengenai kegiatan mana yang direncanakan akan selesai dan kegiatan mana yang benar-benar telah selesai. 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 and McCool, (2015) menyatakan bahwa 4D BIM memiliki bagan atau tabel yang canggih yang menunjukkan pekerjaan apa yang harus dilakukan dan berapa lama waktu yang diperlukan untuk menyelesaikannya. Meskipun ada korelasi antara tugas-tugas dan komponen konstruksi yang tersirat, tidak ada hubungan langsung antara gambar, spesifikasi, dan jadwal konstruksi. Saat desain sedang berjalan, manajer konstruksi melihat gambar yang diperbarui untuk mengetahui apakah ada perubahan pada ruang lingkup dan elemen yang ditambahkan dalam desain. Setelah itu, mereka memperbarui jadwal untuk menunjukkan perubahan tersebut. Penyempurnaan jadwal bergantung pada seberapa cepat manajer konstruksi memeriksa dokumen desain baru setiap kali dan menilai perkiraan ketersediaan peralatan tambahan, jumlah material, dan faktor

lainnya. Jadwal dan revisi tambahan adalah bagian dari proyek yang membutuhkan banyak waktu, dan anggota tim bergantung pada keakuratannya untuk memastikan bahwa proyek selesai tepat waktu untuk pemilik.



Gambar 3. 5 Alur Pembuatan 4D BIM (Sumber: Hardin and McCool, 2015)

Menurut Hidayat et al. (2021) dalam jurnal berjudul "Penerapan Metode Building Information Modeling (BIM) Pada Struktur Pembangunan Gedung Fkppi Kota Banjarmasin". BIM merupakan representasi perubahan secara evolusi digital dari sebuah pemodelan 2D menjadi pemodelan 3D dan pemodelan tersebut masih bisa menjadi pemodelan 4D dengan ditambahkan elemen penjadwalan serta dijadikan pemodelan 5D dengan ditambahkan lagi elemen estimasi biaya dengan menggunakan data-data yang tersedia. Pemodelan 3D ini merupakan perwakilan dari lebar, panjang, tinggi dalam suatu benda. Pemodelan 4D sendiri menambahkan elemen dimensi ke-4 yaitu penjadwalan proyek yang diintegrasikan dengan model 3D. Model 4D ini menghubungkan elemen 3D dengan timeline penjadwalan proyek sebagai suatu kesatuan untuk membuat dan mengelola data secara akurat dan rinci. Dalam melakukan integrasi antara model 3D dan penjadwalan proyek ini akan membantu dalam fase desain dan perencanaan. Hasil dari konsep 4D BIM ini akan memastikan setiap pekerjaan akan urut secara aman dan akan menghindari clashes yang akan terjadi saat fase konstruksi. Data-data yang diperoleh akan menambah informasi yang dibutuhkan dalam proses 4D BIM sehingga akan memaksimalkan pekerjaan secara akurat dan menampilkan progress secara visualisasi grafis. Maka penerapan 4D BIM ini akan menunjukkan visualisasi yang jelas dari awal pembangunan hingga seperti apa hasil konstruksi yang akan selesai.

# 3.9 Ambang Dasar (GroundSill)

Sidharta, (1997) menyatakan bahwa dengan tujuan mengurangi atau mencegah degradasi sungai, bangunan ini dirancang sebagai ambang atau lantai untuk mengontrol ketinggian dan kemiringan dasar sungai.

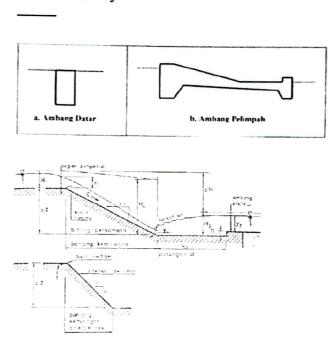
Bangunan ini juga dibangun untuk menjaga agar dasar sungai tidak turun terlalu berlebihan.

- Tipe dan bentuk ambang
  - Ada dua tipe umum ambang
  - a. Ambang datar (bed gindle work)

Bangunan ini berfungsi untuk memastikan bahwa permukaan dasar tidak turun lagi karena hampir tidak ada terjunan dan elevasi mercunya hampir sama dengan permukaan dasar sungai.

# b. Ambang pelimpah (head work)

Tujuan bangunan ini adalah untuk lebih melandaikan kemiringan dasar sungai dengan membuat terjunan hingga elevasi permukaan dasar sungai di sebelah hilirnya.



Gambar 3. 6 Ambang Datar dan Ambang Pelimpah (Sumber: Sidharta, 1997)

#### Perencanaan ambang 2.

- Tinggi ambang
- b. Konstruksi ambang

Konstruksi ambang terdiri dari tubuh dan lantai lindung yang dibangun secara monolitik dari beton, yang disebut bangunan utama. Di sebelah hulu dan sebelah hilir bangunan utama, biasanya ada hamparan pelindung (konsolidasi) dasar sungai.

c. Lantai lindung dan konsolidasi dasar sungai pada ambang

Untuk melindungi tubuh ambang dari gerusan, lantai lindung ambang biasanya dikombinasikan dengan konsolidasi dasar sungai. Panjang konsolidasi dan lantai lindung hanya dapat dihitung dengan menggunakan model hidrolika atau secara empiris untuk ambang yang kecil.

# d. Konstruksi kontak tubuh ambang dengan tebing sungai

Konstruksi hubungan antara tubuh ambang dan tebing sungai, serta hubungan antara tebing sungai dan komponen ambang lainnya, seperti lantai lindung dan konsolidasi dasar sungai, sangat penting untuk pekerjaan ini. Air yang melimpah dari atas mercu ambang menyebabkan aliran terbuka, menggerus alur sungai dan bantaran di kanan kiri dan kedua tebingnya.

## e. Sayap pengarah arus

Apabila ambang dibangun pada sungai, aliran turbulen biasanya muncul di sebelah hilir ambang karena loncatan hidrolis, yang mempermudah gerusan setempat. Dalam situasi seperti ini, sayap pengarah arus harus ada di hulu dan hilir ambang. Ini akan memperkuat dasar bantaran dan alur sungai dengan membangun hamparan pelindung yang dapat disesuaikan.

#### f. Pelindung bantaran

Apabila Pada sungai dengan penampang ganda, ambang harus dibangun pada alurnya saja. Untuk sungai dengan bantaran yang sangat lebar, perkuatan harus dipasang di sekitar tanggul.

# BAB IV METODE PENELITIAN

# 4.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Studi kasus ini meneliti proyek Pembangunan Groundsill Sungai Opak di Kalurahan Bokoharjo, Kapanewon Prambanan, Kabupaten Sleman, Yogyakarta. Gambar di bawah ini menunjukkan denah lokasi.



Gambar 4. 1 Lokasi Proyek Pembangunan Groundsill Sungai Opak

## 4.2 Objek Penelitian

Penelitian ini berfokus pada proyek Pembangunan Groundsill Sungai Opak di wilayah Prambanan, khususnya pada pekerjaan struktur groundsill 1. Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari proyek tersebut.

## 4.3 Data Penelitian

Data yang digunakan untuk penelitian ini yaitu sebagai berikut.

- Dokumen gambar detail proyek (DED) Struktur Groundsill 1, dapat dilihat pada lampiran 1.
- Dokumen Penjadwalan Proyek, dapat dilihat pada lampiran 6.

# 4.4 Perangkat Lunak

Dalam penelitian ini yang bertujuan mengimplementasikan konsep BIM dengan 4D BIM, diperlukan perangkat lunak agar tercapai tujuan penelitian ini. Berikut ini perangkat lunak yang digunakan.

# 1. Software Plaxis Designer

Dalam rekayasa geoteknik dan mekanika batuan, Plaxis Designer Program digunakan untuk melakukan analisis deformasi dan stabilitas tiga dimensi yang akurat. Program juga menghasilkan model solid melalui pemodelan 3D. File exstension untuk import/export ialah STEP/STP (Standard for the Exchange of Product Model Data), STL (Stereolithography), Brep (Boundary Representation), IFC (Industry Foundation Classes), dan DXF (Drawing Exchange Format) untuk export mungkin perlu ditekankan bahwa ekstensi ini umumnya digunakan untuk mengirimkan data geometri saja dalam format yang kompatibel dengan program lain.

#### 2. Software Autodesk Revit

Program Autodesk Revit digunakan untuk membuat dan menghasilkan pemodelan 3D. File exstention untuk import/export ialah DWG (Drawing), DXF (Drawing Exchange Format), IFC (Industry Foundation Classes), dan STL (Stereilithography).

## 3. Software Baxel Manager

Program Baaxel Manager digunakan untuk merencanakan jadwal waktu dan simulasi penjdwalan setelah melakukan estimasi durasi untuk setiap pekerjaan berdasarkan urutan kerja yang jelas, File exstension untuk import/export ialah IFC (Industry Foundation Classes), DWG (Drawing), DXF (Drawing Exchange Format), dan XLSX (Microsoft Excel).

# 4.5 Tahapan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan simulasi jadwal 4D untuk menerapkan konsep Building Information Modeling (BIM). Plaxis Designer untuk membuat model 3D kontur tanah, dan Autodesk Revit 2024 digunakan untuk membuat model 3D Struktur Groundsill dari gambar proyek. Selain itu, Baxel Manager digunakan untuk Time Schedule. Studi ini menggunakan lima metode:

studi literatur, pengumpulan data, Work BreakDown Structure (WBS), hubungan estimasi durasi pekerjaan, dan penerapan konsep 4D BIM.

## 4.5.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan melakukan pencarian dan membaca literatur yang relevan dengan penelitian ini. Literatur tersebut diperoleh dari jurnal, e-book, dan buku panduan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini.

# 4.5.2 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan adalah *Detailed Engineering Drawing* (DED) dan dimodelkan dengan menggunakan perangkat lunak *Plaxis Designer*, *Autodesk Revit* dan *Baxel Manager* serta dokumen penjadwalan proyek.

# 4.5.3 Work Breakdown Structure (WBS) dan Hubungan Keterkaitan Pekerjaan

Untuk mendukung rencana penjadwalan yang efektif dan efisien, perencanaan struktur rincian pekerjaan dan hubungan keterkaitan pekerjaan dilakukan. Hubungan keterkaitan pekerjaan Struktur Groundsill direncanakan agar saling terkait satu sama lain. Hal ini harus dipertimbangkan untuk menghindari konflik di antara pekerjaan yang berbeda dan memastikan urutan pekerjaan yang baik.

Untuk memperoleh Struktur Rincian Kerja dan hubungan keterkaitan pekerjaan dilakukan wawancara dengaan pihak pelaksana proyek.

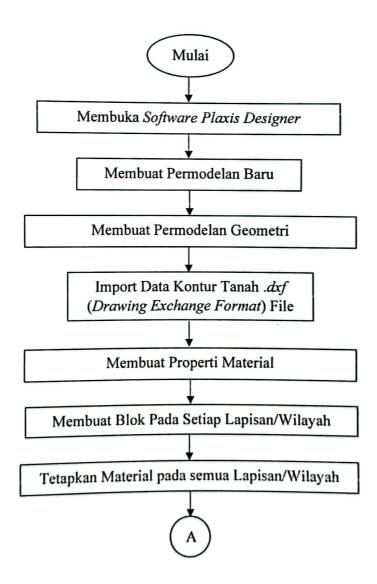
## 4.5.4 Rencana Tenaga Kerja

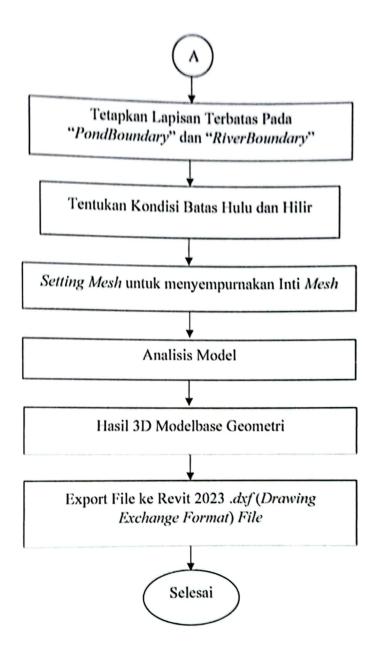
Pada tahap ini, perencanaan tenaga kerja proyek konstruksi akan berdampak pada efisiensi waktu penyelesaian proyek. Penulis mendapatkan jumlah tenaga kerja untuk setiap pekerjaan dalam penelitian ini, dan jumlah tenaga kerja ini disesuaikan dengan volume pekerjaan. Dengan menggunakan data rencana tenaga kerja yang rinci dan menyeluruh ini, penulis dapat merencanakan dan

mengoptimalkan tenaga kerja untuk setiap pekerjaan untuk mendapatkan estimasi durasi pekerjaan yang lebih akurat.

#### 4.5.5 Pemodelan

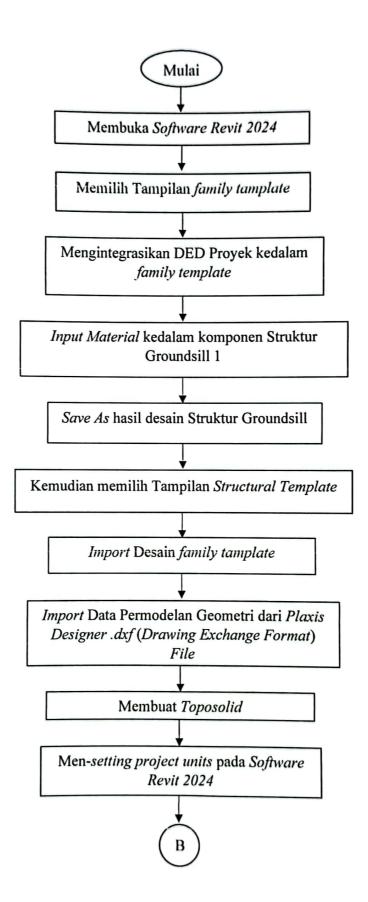
Penelitian ini dilakukan dengan permodelan menggunakan perangkat lunak Plaxis Designer dan Autodesk Revit untuk memodelkan data yang telah ada dari proyek. Berikut ini merupakan tahapan atau langkah-langkah permodelan menggunakan perangkat lunak Plaxis Designer dan Autodesk Revit yang dapat dilihat pada Gambar 4.2 di bawah ini.

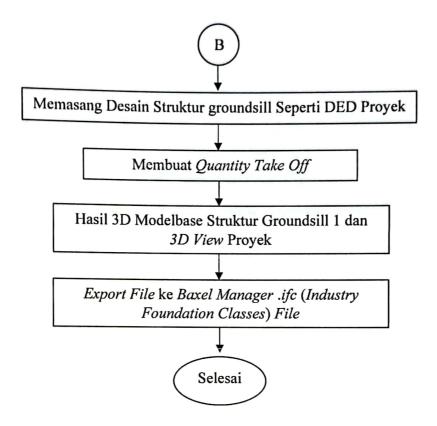




Gambar 4. 2 Flowchart Pemodelan Plaxis 3D

Selanjutnya angkah-langkah pemodelan Autodesk Revit 2024 dapat dilihat pada Gambar 4.3 dibawah ini.

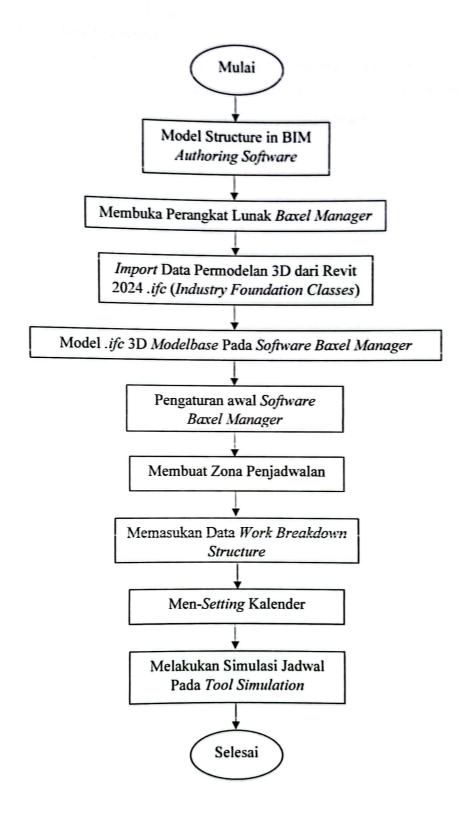




Gambar 4. 3 Flowchart Pemodelan Autodesk Revit

#### **Implementasi 4D BIM** 4.5.6

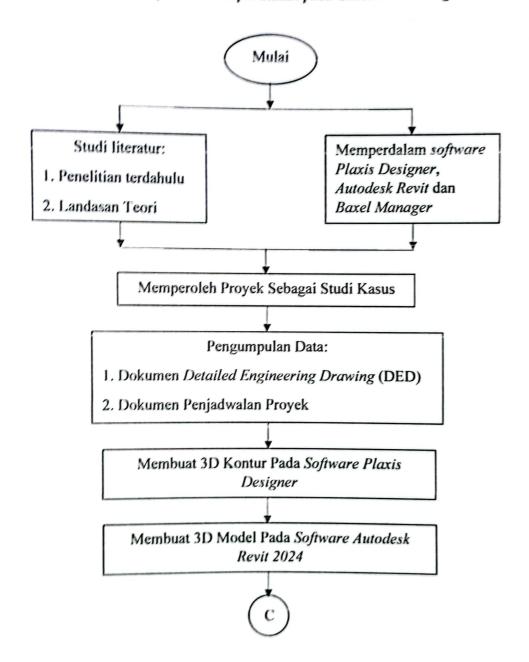
Pada tahapan ini dilakukan kolaborasi 3D Model Base dari software Plaxis Designer, Autodesk Revit dan rencana jadwal pada software Baxel Manager agar terintegrasi yang mana data pada software Plaxis Designer dan Autodesk Revit diolah kedalam software Baxel Manager sehingga memperoleh 4D Schedule yang menampilkan simulasi penjadwalan pekerjaan struktural secara visual berbasis waktu, sesuai perannya dalam Proyek Pembangunan Groundsill Sungai Opak. Tahapan yang perlu dilakukan agar memperoleh hasil implementasi ini dapat dilihat pada Gambar 4.4 sebagai berikut.

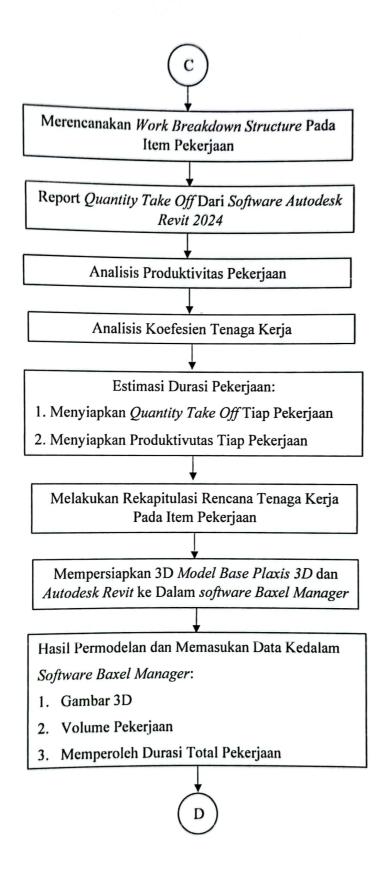


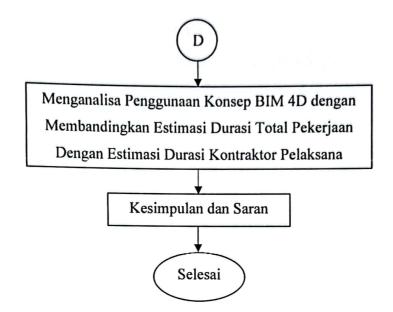
Gambar 4. 4 Flowchart Tahapan 4D Scheduling

#### 4.6 Bagan Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa pendekatan seperti studi literatur, studi kasus, dan mengimplementasikan 4D Scheduling BIM terhadap studi kasus. Bagan alir atau flowchart penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.5 sebagai berikut.







Gambar 4. 5 Flowchart Penelitian Tugas Akhir

# BAB V DATA, ANALISIS DAN PEMBAHASAN

# 5.1 Data Penelitian

Data penelitian ini merupakan data-data yang akan digunakan sebagai penunjang dalam penelitian pengimplementasikan konsep 4D BIM dalam rencana penjadwalan proyek groundsill kali opak. Data-data tersebut adalah sebagai berikut.

## 5.1.1 Informasi Data Proyek

Nama Proyek : Pembangunan Groundsill Kali Opak

Lokasi Proyek : Kalurahan Bokoharjo, Kapanewon Prambanan, Kabupaten

Sleman, D.I Yogyakarta

Pemilik Proyek : Kementrian PUPR Melalui Balai Besar Wilayah Sungai

(BBWS) Serayu Opak

Pelaksana Proyek : Arafah – Citra. KSO

#### 5.1.2 Dokumen Proyek

Dokumen proyek adalah berkas yang berisi informasi penting sebagai acuan dalam pembuatan 3D ModelBase maupun estimasi durasi (4D) dalam penelitian ini. Berikut ini adalah dokumen proyek yang digunakan dalam penelitian.

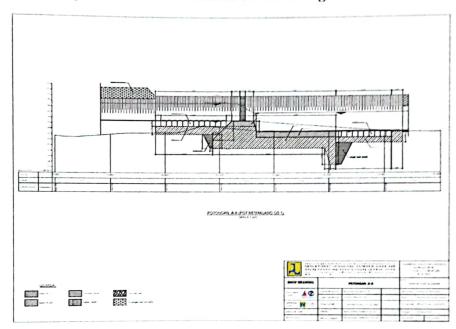
- Dokumen Gambar Detail Proyek (DED) Struktur Groundsill 1, dapat dilihat pada lampiran 1.
- 2. Dokumen Penjadawalan Proyek, dapat dilihat pada lampiran 6.

#### 5.2 Analisis Data

Dalam penelitian ini telah memodelkan 3D Modelbase pekerjaan struktur groundsill 1 pada proyek studi kasus pembangunan groundsill sungai opak yang telah di analisis. 3D Modelbase yang telah dibuat pada software plaxis designer dan revit kemudian dilakukan

estimasi quantity take off menggunakan software revit untuk mendapatkan volume pekerjaan struktur groundsill 1. Berikut adalah hasil dari 3D Modelbase.

1. Detail Engineering Drawing (DED) Proyek Berikut ini contoh Detail Engineering Drawing (DED) Struktur Groundsill 1 yang menjadi acuan untuk membuat 3D Modelling.

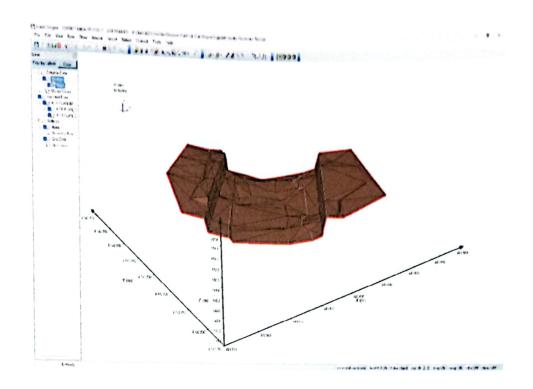


Gambar 5. 1 Detail Engineering Drawing (DED) Proyek

Dari DED proyek tersebut terdapat data kontur tanah yang digunakan sebagai acuan untuk membuat 3D Modelbasse, Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada lampiran 1.

#### Permodelan Kontur Tanah 2.

Dari hasil data kontur tanah pada proyek dapat dikembangakan ke permodelan 3D. Permodelan 3D dimulai dari permodelan kontur tanah dengan menggunakan Software Plaxis Designer, Berikut adalah hasil permodelan kontur tanah oleh Software Plaxis Designer.

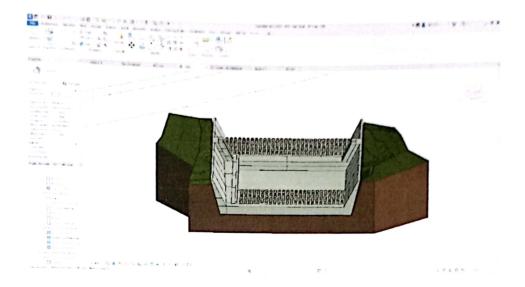


Gambar 5. 2 Tampilan 3D Modelbase Kontur Tanah

Model kontur tanah yang di modelkan di software plaxis designer akan menjadi dasar pengembangan dan kolaborasi model. Dari hasil kolaborasi model ini didapat beberapa kendala dimana transfer data dari plaxis 3D ke revit tidak dapat dilakukan langsung melalui file ifc. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran 2.

#### Permodelan 3D Modelbase Struktur Groundsill 3.

Selanjutnya memodelkan struktur groundsill, dengan adanya 3D Model kontur tanah dari software plaxis designer yang di import kedalam software revit melalui file STL, setelah di import langkah selanjutnya membuat model struktur groundsill 1 dengan acuan detail gambar proyek, untuk struktur groundsill 1 sendiri implementasinya hanya sampai LOD 300 tampa adanya penulangan. Berikut adalah hasil permodelan struktur groundsill 1.

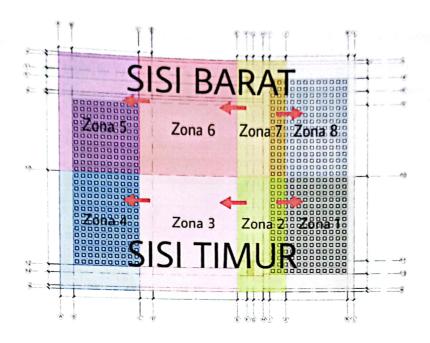


Gambar 5. 3 3D Modelbase Struktur Groundsill 1

Setelah mendapatkan pemodelan 3D modelbase, tahapan berikutnya yaitu melakukan estimasi quantity take off dengan software Revit. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran 3.

#### Work Breakdown Structure (WBS) 5.2.1

Pada tahap analisis ini, perencanaan WBS dan aktivitas hubungan pekerjaan dilakukan. WBS ini dibuat berdasarkan hubungan dan rangkaian pekerjaan yang ada dalam suatu proyek. Perencanaan WBS ini didasarkan pada urutan pekerjaan struktur Groundsill dari 3D Modelbase pada software revit. Setelah menyusun WBS, dapat dibuat rencana penjadwalan waktu pelaksanaan tiap kegiatan, yang kemudian dapat digabungkan ke dalam jadwal proyek secara keseluruhan. Berikut ini work breakdown structure pada pekerjaan struktur groundsill. 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.



Gambar 5. 4 Tampilan Urutan Kerja Struktur Groundsill 1

No	PEKERJAAN STRUKTUR GROUNDSILL
A	SISI TIMUR
1	Zona 1
1.1	Galian Tanah
1.2	Bekisting
1.3	Cor Beton K-175
2	Zona 2
2.1	Galian Tanah
2.2	Bekisting
2.3	Cor Beton K-175
2.4	Cor Beton K-225
3	Zona 3
3.1	Galian Tanah
3.2	Bekisting
3.3	Cor Beton K-175
3.4	Cor Beton K-225
4	Zona 4
4.1	Galian Tanah
4.2	Bekisting

Tabel Lanjutan 5.1 Work BreakDown Structure Pekeriaan Strutur Groundsill 1

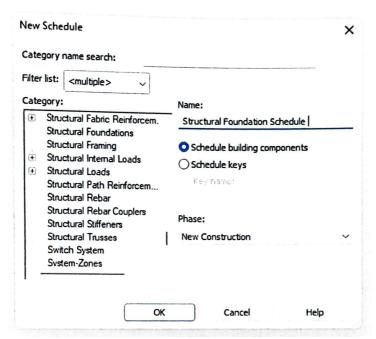
110	PEKERJAAN STRUTUR GROUNDSIIL
4.3	Cor Beton K-175
В	SISI BARAT
1	Zona 5
1.1	Galian Tanah
1.2	Bekisting
1.3	Cor Beton K-175
2	Zona 6
2.1	Galiam Tanah
2.2	Bekisting
2.3	Cor Beton K-175
2.4	Cor Beton K-225
3	Zona 7
3.1	Galian Tanah
3.2	Bekisting
3.3	Cor Beton K-175
3.4	Cor Beton K-225
4	Zona 8
4.1	Galian Tanah
4.2	Bekisting
4.3	Cor Beton K-175
C	PEKERJAAN BLOK BETON K-225
1	Pemasangan Blok Beton K-250

Setelah work breakdown structure sudah disusun, maka langkah berikutnya yaitu memasukkan volume tiap pekerjaan. Volume tiap pekerjaan struktur groundsill didapatkan oleh quantity take off yang diperoleh dari software Revit 2024.

# 5.2.2 Quantity Take Off Material

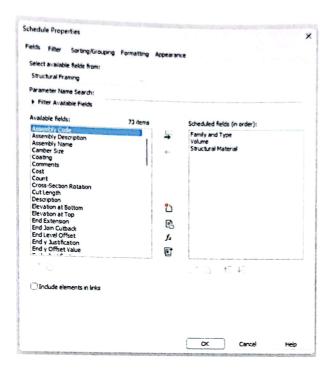
Software Revit 2024 digunakan untuk menghitung jumlah material yang diambil untuk pekerjaan struktural ini. Untuk melakukan ini, klik taskbar Analyze

dan pilih waktu/jumlah di panel Reports & Schedules. Kemudian akan muncul jadwal baru, seperti yang ditunjukkan di bawah ini.



Gambar 5. 5 Tampilan New Schedule pada Software Revit 2023

Setelah muncul New Schedule, pilih Struktur pada Filter List. Kemudian, pilih Category, lalu pilih Multy-Category untuk membuat Jadwal Kategori Banyak. Selanjutnya, pilih kolom mana yang akan menampilkan data informasinya, lalu klik keluarga dan jenis, pembuat, dan volume. Gambar berikut menunjukkan tampilan fields.



Gambar 5. 6 Tampilan Fields pada Software Revit 2023

Kemudian menentukan *Sorting/Grouping* dengan pengaturan seperti gambar sebagai berikut.



Gambar 5. 7 Tampilan Sorting/Grouping pada Software Revit 2023

Setelah semua proses pengaturan pada Schedule Properties selesai, Revit akan menampilkan laporan jumlah pengeluaran dengan menampilkan kolom sesuai dengan tampilan yang telah diatur. Gambar berikut menunjukkan tampilan kolom volume untuk uraian pekerjaan yang dipilih.



Gambar 5. 8 Tampilan Quantity Take Off pada Software Revit 2024

Rekapitulasi Jumlah Material Pengeluaran Pekerjaan Struktur Groundsill: *Output* dari *software Revit 2024* ini menunjukkan jumlah pengeluaran material untuk setiap pekerjaan struktur groundsill 1, yang sesuai dengan *work breakdown structure* yang sudah disusun. *Quantity Take off* sendiri dapat sebagai acuan untuk membuat durasi pekerjaan. Berikut contoh *Quantity Take off* pada Zona 1.

**Tabel 5.2 Quantity Take Off Zona 1** 

No	PEKERJAAN STRUKTUR GROUNDSILL	VOLUME	SATUAN
A	SISI TIMUR		
1	Zona 1		
1.1	Galian Tanah	239.635	m <sup>3</sup>
1.2	Bekisting	73.46	m²
1.3	Cor Beton K-175	324.21	m <sup>3</sup>

#### 5.3 Durasi

#### Produktivitas Pekerjaan 5.3.1

Dalam merancang suatu durasi pekerjaan dibutuhkan perhitungan produktiviitas suatu pekerjaan. Berikut ini adalah contoh perhitungan produktivitas pada pekerjaan Struktur Groundsill 1.

Pekerjaan Galian Tanah (Excavator Long Arm) 1.

Koefesien Pekerjaan Galian Tanah dapat dilihat pada Tabel 5.2

Tabel 5. 3 Koefesien 1 m3 Pekerjaan Galian Tanah

Uraian	Koefesien	Satuan
Tenaga Kerja		
Pekerja	0.2450	ОН
Mandor	0.0245	ОН
Peralatan		
Excavator Long Arm	0.1327	Hari

(Sumber: AHSP bidang SDA 2022)

Untuk satuan yang digunakan adalah jam dan pekerjaan perhari sebesar 7 jam.

Produktivitas Excavator Long Arm

Diketahui:

Kapasitas Bucket (V) = 0.60 m3 Faktor Bucket (Fb) = 1.00 m3 Faktor Efisensi Alat (Fa) = 0.83 m3

Menggali D=2-4 m, swing + memuat ke DT (T. 1) = 0.38 menit

Swing Kembali dan lain-lain (T. 2)

= 0.18 menit

Perhitungan:

= T.1 + T.2Waktu Siklus (Ts3) = 0.57 menit  $= (V \times Fb \times Fa \times 60) / (Ts3 \times Fk)$ Kap. Produksi (Q. 2) = 52.73 m3/jam

Koefesien Alat/m3 (Q. 3)

= 1/Q.2

= 0.01896 / jam

 $= 0.01896 / jam \times 7 jam$ 

= 0.1327 /Hari

Dari perhutungan di atas produktivitas yang di pakai adalah Kap. Produksi sebesar 52.73 m3/jam.

Produktivitas Pekerjaan Galian Tanah

Satuan Kelompok Kerja

Mandor

= 1 Orang

Pekerja

= 3 Orang

Perhitungan:

Produktivitas Excavator LA

= Produktivitas x Jam kerja /Hari

 $= 52.73 \times 7 \text{ jam}$ 

= 369.110 m3/Hari

Dari perhitungan di atas didapatkan produktivitas yang dipakai yaitu 369.110 m3/Hari. Untuk pekerjaan galian tanah yang dipakai untuk menghitung durasi adalah produktivis *Excavator* LA.

### 2. Pekerjaan Bekisting

Koefesien Pekerjaan Bekisting dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5. 4 Koefesien 1 m2 Pekerjaan Bekisting

Pekerjaan Bekisting		
Uraian	Koefesien	Satuan
Tenaga Kerja		
Kepala Tukang Kayu	0.010	ОН
Tukang Kayu	0.100	ОН
Mandor	0.020	ОН
Pekerja	0.200	ОН

(Sumber: AHSP bidang SDA 2022)

Diketahui:

Satuan Kelompok Kerja

Kepala Tukang Kayu = 1 Orang Tukang Kayu = 5 Orang Mandor = 1 Orang Pekerja = 10 Orang

Perhitungan:

Produktivitas Kepala Tukang Kayu = (1 m2 / Koefesien) x SKK

 $= (1 \text{ m} 2 / 0.010 \text{ OH}) \times 1 \text{ Orang}$ 

= 100 m2/Hari

Produktivitas Tukang Kayu  $= (1 \text{ m}2 / \text{Koefesien}) \times \text{SKK}$ 

 $= (1 \text{ m}2 / 0.100 \text{ OH}) \times 5 \text{ Orang}$ 

= 50 m2/Hari

Produktivitas Mandor  $= (1 \text{ m}2 / \text{Koefesien}) \times \text{SKK}$ 

 $= (1 \text{ m}2 / 0.020 \text{ OH}) \times 1 \text{ Orang}$ 

= 50 m2/Hari

Produktivitas Pekerja  $= (1 \text{ m}2 / \text{Koefesien}) \times \text{SKK}$ 

 $= (1 \text{ m}2 / 0.200 \text{ OH}) \times 10 \text{ Orang}$ 

= 50.00 m2/Hari

Dari perhitungan di atas didapatkan produktivitas yang dipakai untuk menemtukan durasi yaitu 50 m2/ Hari.

Pekerjaan Beton Ready Mix K-175 dan K-225 3.

> Karena Koefesien Pekerjaan Beton Ready Mix K-175 dan K-225 pekerjaanya sejenis maka untuk koefesiennya menjadi satu. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5. 5 Koefesien 1 m3 Pekerjaan Beton Ready Mix K-175 dan K-225

Uraian	Koefesien	Satuar
Tenaga Kerja		
Kepala Tukang Batu	0.008	ОН
Tukang Batu	0.080	ОН
Mandor	0.016	ОН
Pekerja	0.160	OH

(Sumber: AHSP bidang SDA 2022)

Diketahui:

Satuan Kelompok Kerja

Kepala Tukang Batu

= 1 Orang

Tukang Batu

= 10 Orang

Mandor

= 2 Orang

Pekerja

= 20 Orang

Perhitungan:

Produktivitas Kepala Tukang Batu = (1 m3 / Koefesien) x SKK

 $= (1 \text{ m} 3 / 0.008 \text{ OH}) \times 1 \text{ Orang}$ 

= 125 m3/Hari

Produktivitas Tukang Batu

 $= (1 \text{ m}3 / \text{Koefesien}) \times \text{SKK}$ 

 $= (1 \text{ m} 3 / 0.080 \text{ OH}) \times 10 \text{ Orang}$ 

= 125 m3/Hari

Produktivitas Mandor

 $= (1 \text{ m} 3 / \text{Koefesien}) \times \text{SKK}$ 

 $= (1 \text{ m} 3 / 0.016 \text{ OH}) \times 2 \text{ Orang}$ 

= 125 m3/ Hari

Produktivitas Pekerja

= (1 m3 / Koefesien) x SKK

 $= (1 \text{ m} 3 / 0.160 \text{ OH}) \times 20 \text{ Orang}$ 

= 125 m3/ Hari

Dari perhitungan di atas didapatkan produktivitas yang dipakai untuk menentukan durasi yaitu 125 m2/ Hari.

Tabel 5, 6 Rekapitulasi Satuan Kelompok Kerja dan Produktivitas

No	Uraian Pekerjaan	Tenaga Kerja	Satuan			
A	Pekerjaan Galian Tanah					
	Mandor	1	Orang			
	Pekerja	3	Orang			
	Excavator Long Arm	1	Unit			
	Produktivitas	369.110	m3/Hari			
В	Pekerjaan Bekisting					
	Kepala Tukang Kayu	1	Orang			
	Mandor	1	Oramg			

Tabel Lanjutan 5.6 Rekanitulasi Satuan Kelompe

No	Oraian Pekerjaan	atuan Kelompok Kerja dai Tenaga Kerja	Satuan			
	Tukang Kayu	5	Orang			
	Pekerja	10	Orang			
	Produktivitas	50	m2/Hari			
C	Pekerjaan Beton Ready Mix K-175					
	Kepala Tukang Batu	1	Orang			
	Tukang Kayu	10	Orang			
	Mandor	2	Oramg			
	Pekerja	20	Orang			
	Produktivitas	125	m3/Hari			

# 5.3.2 Rencana Durasi Pekerjaan

Setelah menghitung produktivitas selanjutnya membuat durasi suatu pekerjaan. Berikut ini adalah contoh perhitungan durasi pekerjaan Struktur Groundsill 1 Zona 1.

#### 1. Pekerjaan Galian Tanah

Diketahui:

Volume Pekerjaan = 239.64 m3

**Produktivitas** 

= 369.11 m3/ Hari

Perhitungan:

Durasi

= Volume / Produktivitas

= 239.635 m3 / 369.11 m3/ Hari

 $= 0.649 \text{ Hari} \approx 1 \text{ Hari}$ 

#### Pekerjaan Bekisting 2.

Diketahui:

Volume Pekerjaan

 $= 73.46 \text{ m}^2$ 

**Produktivitas** 

 $= 50.00 \text{ m}^2/\text{Hari}$ 

Perhitungan:

Durasi

= Volume / Produktivitas

= 73.46 m2 / 50.00 m2/ Hari

= 1.469 Hari ≈ 2 Hari

### Pekerjaan Beton Ready Mix K-175 3.

Diketahui:

Volume Pekerjaan: = 324.21 m3

Produktivitas

= 125 m3/Hari

Perhitungan:

Durasi

= Volume / Produktivitas

= 324.21 m3 / 125 m3/Hari

= 2.594 Hari ≈ 3 Hari

Dari perhitungan diatas dapat diketahui untuk pekerjaan struktur groundsill zona 1 membutuhkan waktu selama 6 hari. Dari perhitungan diatas didapatkan durasi tiap pekerjaan zona 1 sebagai berikut.

Tabel 5. 7 Contoh Durasi Pekeriaan

No	Uraian Pekerjaan	Durasi		
A	Zona 1			
1	Pekerjaan Galian Tanah	1 Hari		
2	Pekerjaan Bekisting	2 Hari		
3	Pekerjaan Beton Ready Mix K-175	3 Hari		

## 5.3.3 Rekapitulasi Durasi Pekerjaan

Setelah menghitung semua kebutuhan untuk membuat penjadwalan selanjutnya untuk rekapitulasi dapat dilihat di table 5.9

Tabel 5. 8 Rekapitulasi Durasi Pekerjaan

No	Kode	URAIAN PEKERJAAN	Volume	Satuan	Durasi	Predecessor
1	1	SISI TIMUR				
1.1	2	Zona 1				
1.1.1	3	Galian Tanah	239.64	m3	1	10FS
1.1.2	4	Bekisting	73.46	m2	2	3FS
1.1.3	5	Cor Beton K-175	324.21	m3	3	4FS
1.2	6	Zona 2				

No Kode URAIAN PEKER IAAN PEKER I							
No	Kode	URAIAN PEKERJAAN	Volume	Satuan	Durasi	Predecessor	
1.2.1	7	Galian Tanah	321.99	m3	1	788	
1.2.2	8	Bekisting	290.89	m2	6	7FS	
1.2.3	9	Cor Beton K-175	548.16	m3	5	8FS	
1.2.4	10	Cor Beton K-225	82.76	m3	1	9FS	
1.3	11	Zona 3					
1.3.1	12	Galian Tanah	696.38	m3	2	5FS	
1.3.2	13	Bekisting	217.34	m2	5	12FS	
1.3.3	14	Cor Beton K-175	717.83	m3	6	13FS	
1.3.4	15	Cor Beton K-225	204.86	m3	2	14FS	
1.4	16	Zona 4					
1.4.1	17	Galian Tanah	306.94	m3	1	15FS	
1.4.2	18	Bekisting	101.12	m2	2	17FS	
1.4.3	19	Cor Beton K-175	349.08	m3	3	18FS	
2	20	SISI BARAT					
2.1	21	Zona 5		3.5°		Province and the second of the second	
2.1.1	22	Galian Tanah	306.94	m3	1	29FS	
2.1.2	23	Bekisting	110.12	m2	3	22FS	
2.1.3	24	Cor Beton K-175	389.77	m3	3	23FS	
2.2	25	Zona 6					
2.2.1	26	Galiam Tanah	969.38	m3	2	38FS	
2.2.2	27	Bekisting	256.11	m2	6	26FS	
2.2.3	28	Cor Beton K-175	813.49	m3	7	27FS	
2.2.4	29	Cor Beton K-225	168.17	m3	2	28FS	
2.3	30	Zona 7					
2.3.1	31	Galian Tanah	321.99	m3	1	19FS	
2.3.2	32	Bekisting	290.89	m2	6	31FS	
2.3.3	33	Cor Beton K-175	548.16	m3	5	32FS	
2.3.4	34	Cor Beton K-225	82.76	m3	1	33FS	
2.4	35	Zona 8					
2.4.1	36	Galian Tanah	239.64	m3	1	34FS	
2.4.2	37	Bekisting	73.46	m2	2	36FS	
2.4.3	38	Cor Beton K-175	324.21	m3	3	37FS	
3	39	PEKERJAAN BLOK BETON					
3.1	40	Pemasangan Blok Beton K-250	610	buah	3	24FF	

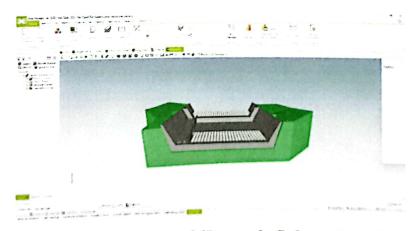
# 5.4 Implementasi 4D BIM Dengan Output 4D Scheduling Simulation Menggunakan Software Bexel Manager

Tahapan ini dilakukan untuk melakukan simulasi perencanaan penjadwalan proyek struktur groundsill 1 melalui kolaborasi antara 3D Modelbase dan rencana penjadwalan dengan software baxel manager. Perbandingan yang dilakukan akan menghasilkan visualisasi 4D scheduling simulation. Tahapan yang dilakukan mengacu pada gambar 4.4 Flowchart Penerapan Konsep 4D BIM sebagai berikut.

#### 5.4.1 Export File dari Software Revit kedalam Software Baxel Manager

3D Modelbase yang telah dipersiapkan pada software revit diintegrasikan ke dalam software baxel manager. Langkah yang dilakukan pertama yaitu membuka 3D Modelbase pada software revit, lalu klik File – Export – IFC (Industry Foundation Classes). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran 2.

Setelah memilih IFC File, pilih Save As, hingga muncul tab berikutnya lalu pilih Baxel Manager Setting untuk mengatur informasi data 3D Modelbase sebelum di input ke software baxel manager, setelah selesai kemudian pilih Save As. Kemudian import 3D Modelbase yang telah di export dari software revit ke dalam software baxel manager. Langkah yang dilakukan yaitu dengan pilih menu Home - Append - Pilih file ifc yang telah di export sebelumnya dari software revit, sehingga akan muncul 3D Modelbase yang dapat dilihat pada Gambar 5.9 dibawah ini.

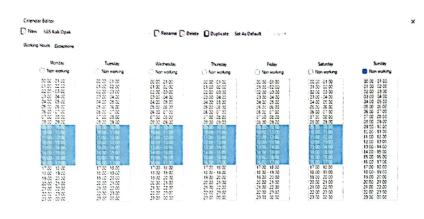


Gambar 5. 9 Tampilan 3D ModelBase pada Software Baxel Manager

# Pengaturan Awal

Pada tahap awal di Software Baxel Manager melakukan pengaturan awal yang bertujuan untuk memudahkan pengerjaan scheduling. Pengaturan awal yang dilakukan yaitu mengatur awal dan selesai pelaksanaan, membuat kalender project, hingga hari kerja dan hari libur dan jam kerja pada lembar kerja Schedule Baxel Manager. Berikut ini cara untuk melakukan pengaturan awal.

Klik Tab Schedule Editor kemudian membuat kalender baru seperti gambar dibawah ini.



Gambar 5. 10 Pengaturan Jam Kerja

#### Membuat Zone Editor 5.4.3

Langkah selanjutnya yaitu membuat zona bedasarkan urutan kegiatan yang sudah dibuat sebelumnya. Berikut ini cara untuk membuat zone editor.

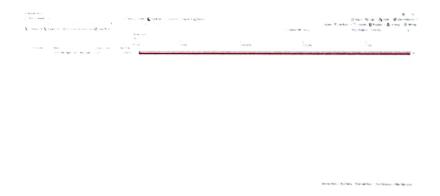
Klik Tab Schedule lalu pilih Zone Edior kemudian membuat zona bedasarkan urutan kegiatan pekerjaan seperti gambar dibawah ini.



Gambar 5. 11 Zone Editor

#### Memasukan Data 5.4.4

Dari data yang didapatkan dari proyek, nama pekerjaan dan durasi dimasukkan ke dalam Baxel Manager. Sebelum data dimasukkan ke dalam aplikasi berikut adalah tampilan gantt view dan line of balance.

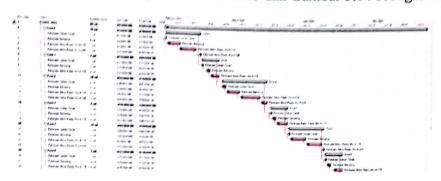


Gambar 5. 12 Tampilan Awal Gantt Chart

Setelah data dimasukkan pada bagian task manager dengan cara mengubah data yang sebelumnya dibuat di Ms. Excel berupa breakdown pekerjaan ke dalam 4D Task. Setelah selesai mengerjakan task manager, breakdown pekerjaan akan otomatis terintegrasi dengan schedule editor dan tampilan gantt chart dan line of balance pada schedule editor akan berubah.

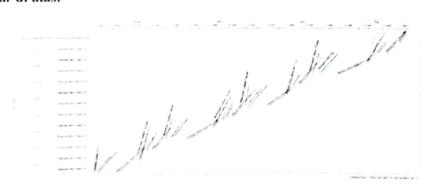
# Hasil Analisis Penjadwalan

Setelah melakukan implementasi 4D BIM pada Proyek Pembangunan Groundsill Sungai Opak, Daerah Istimewa Yogyakarta didapatkan dokumen perencanaan penjadwalan pekerjaan struktur dalam bentuk Gantt Chart dan Line of Balance yang dapat dilihat pada Gambar 5.13 dan Gambar 5.14 sebagai berikut.



Gambar 5. 13 Gantt Chart

Untuk menampilkan gantt chart dalam schedule planner dapat dilakukan dengan mengklik tools gantt chart. Untuk mengubah tampilan sederhana maupun breakdown pekerjaan dalam gantt chart dapat mengklik tools +/- seperti pada gambar di atas.



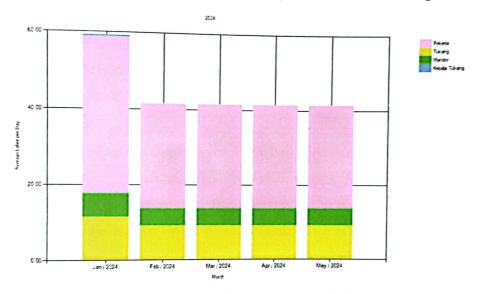
Gambar 5. 14 Line of Balance

Untuk menampilkan line of balance view dalam schedule editor dapat dilakukan dengan mengklik tools line of balance view dan untuk menampilkan garis mayor maupun minor dilakukan dengan mengklik tools yang sama pada gantt chart.

Jumlah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan setiap tugas dan lamanya waktu yang diperlukan untuk menyelesaikannya dapat dihitung dari tampilan gantt chart dan Line of Balance di atas. Hasil perbedaan dapat dilihat pada Tabel 5.9.

Hasil analisis durasi yang didapatkan 86 hari kerja berdasarkan analisis penelitian menggunakan *Building Information Modeling* (BIM). Untuk lebih jelasnya *breakdown* pekerjaan dapat dilihat pada table 5.7.

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 5.15 sebagai berikut.



Gambar 5. 15 Jumlah Tenaga Kerja

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

#### 5.5 Pembahasan

Setelah melakukan implementasi 4D BIM pada Proyek Pembangunan Groundsill Kali Opak pada pekerjaan struktur groundsill 1, Daerah Istimewa Yogyakarta didapatkan beberapa point pembahasan sebagai berikut.

Proses Implementasi 4D BIM
 Dalam penelitian ini untuk mendapatkan total durasi perencanaan penjadwalan dilakukan dengan cara mengintegrasikan 3D Model Base yang telah dibuat sebelumnya. Berdasarkan 3D Model Base yang telah di breakdown pekerjaan

terlebih dahulu untuk mengetahui hubungan keterkaitan tiap pekerjaan. Setelah di breakdown dengan bantuan Ms. Excel, hasil breakdown pekerjaan tersebut diimpor ke dalam Software Baxel Manager untuk mengisi 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 otomatis terinput pada gantt chart dan line of balance dan video simulasi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran 5.

### 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. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 5.16.

#### 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 86 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).

## BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 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 86 hari kerja, sedangkan pada data existing 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.

#### 6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh beberapa saran yang dapat bermanfaat sebagai berikut.

- Implementasi konsep BIM mempermudah lalu lintas data untuk saling berkolaborasi dan mendapatkan informasi sesuai data yang dibutuhkan dan dapat digunakan dalam manajemen proyek dalam berbagai proyek konstruksi.
- Hasil penelitian 4D Scheduling pekerjaan struktur groundsill 1 terdapat pada dimensi ke empat BIM yang dapat dikembangkan ke dalam 6D sebagai pekerjaan yang berkelanjutan dan 7D sebagai manajemen lingkungan dalam proyek konstruksi.
- Untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan penyempurnaan software baxel manager dengan menambahkan pengendalian sumber daya dan cash flow untuk mengoptimalkan di berbagai sub pekerjaan.

## 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.
- Cepni, Y., & Akcamete, A. (2021). Enhancing BIM-Based QTO Using Visual Programing. Proceedings of the 2021 European Conference on Computing in Construction, 2(September), 229–236.
- 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.
- Choi, J., Kim, H., & Kim, I. (2015). Open BIM-based quantity take-off system for schematic estimation of building frame in early design stage. *Journal of Computational Design and Engineering*, 2(1), 16–25.
- 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.
- Hardin, B., & McCool, D. (2015). BIM and Construction Management (6yh ed.). SYBEX A Wiley Brand.
- Lester, A. (2017). Project Management, Planning and Control (A. Garcia); 7th Edition). Joe Hayton.
- 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*.

- Sidharta, S. (1997). Irigasi dan Bangunan Air. Gunadarma.
- 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.
- Watt, A. (2014). Project Management 2nd edition. In BCcampus (Vols. 24-MAY).

# **LAMPIRAN**

LAMPIRAN 1. DETAIL ENGINEERING DRAWING STRUKTUR GROUNDSILL 1 CS Dipindai dengan CamScanner



## **CONSTRUCTION DRAWING**

#### PEKERJAAN

Pembangunan Groundsill Sungai Opak; 2 Unit; 17.3 hektar; F; K; SYC

LOKASI

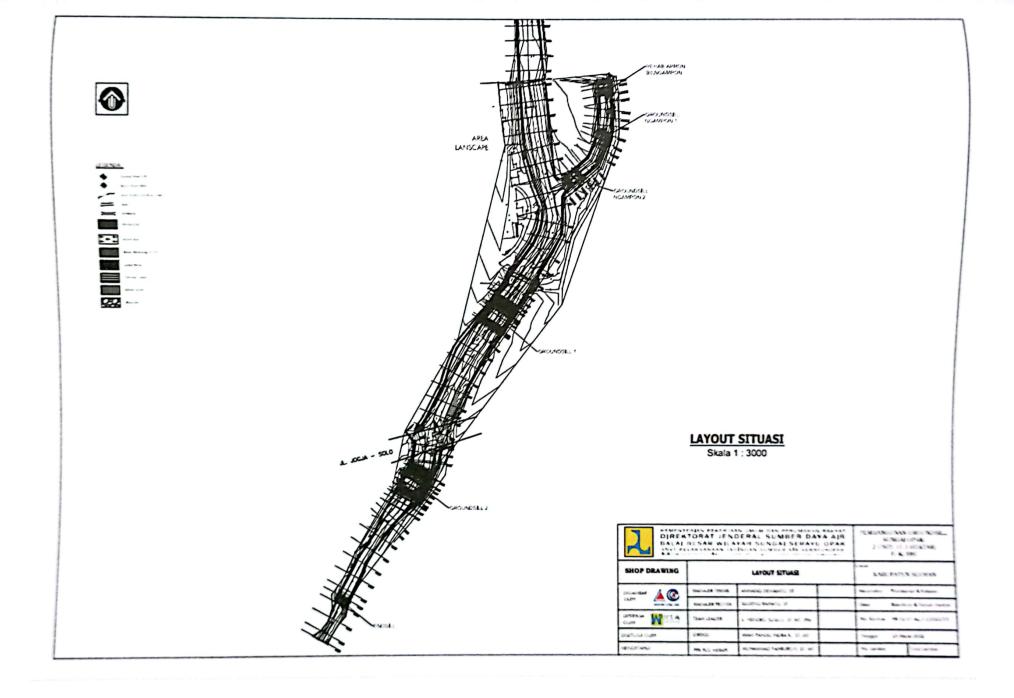
#### **KABUPATEN SLEMAN**

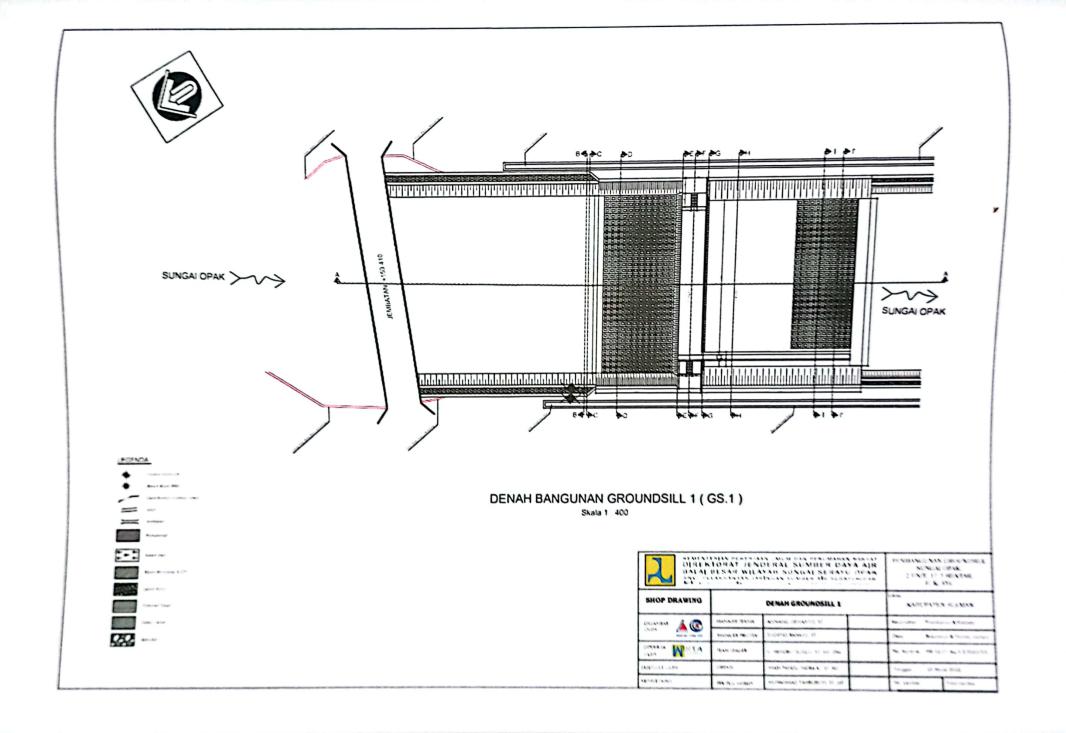


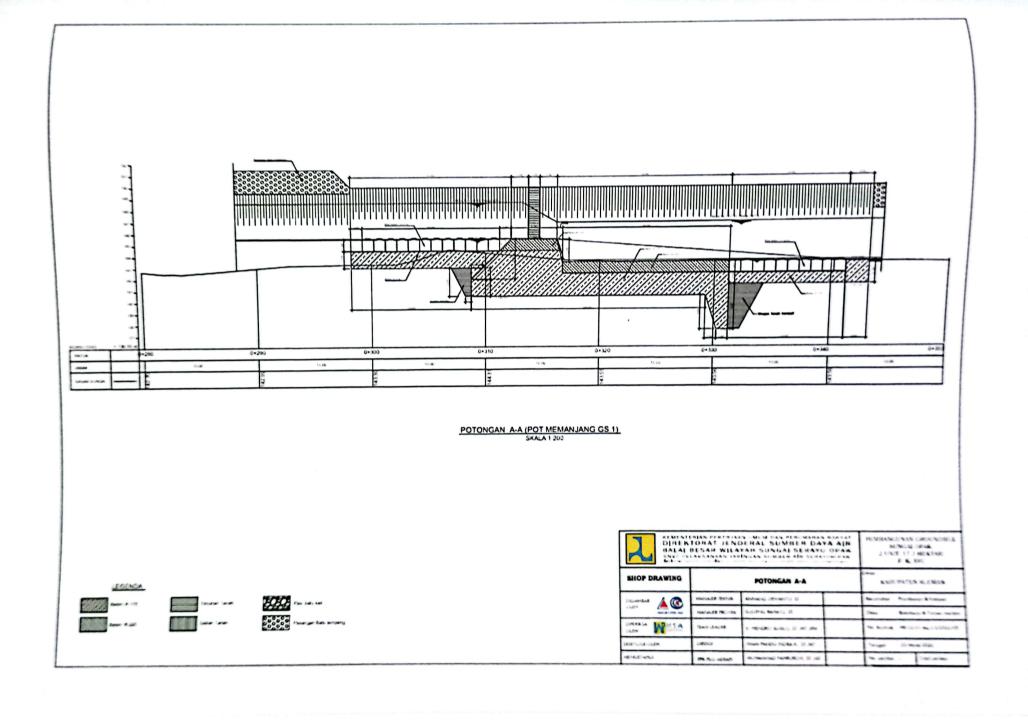
TAHUN ANGGARAN 2022

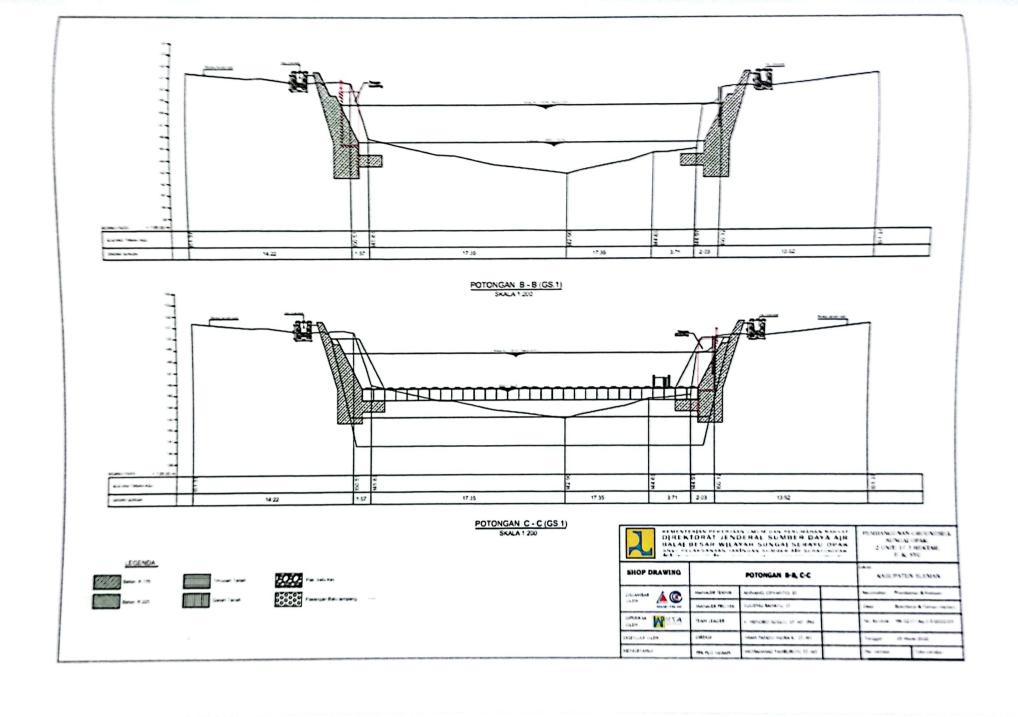
Pozyedu law

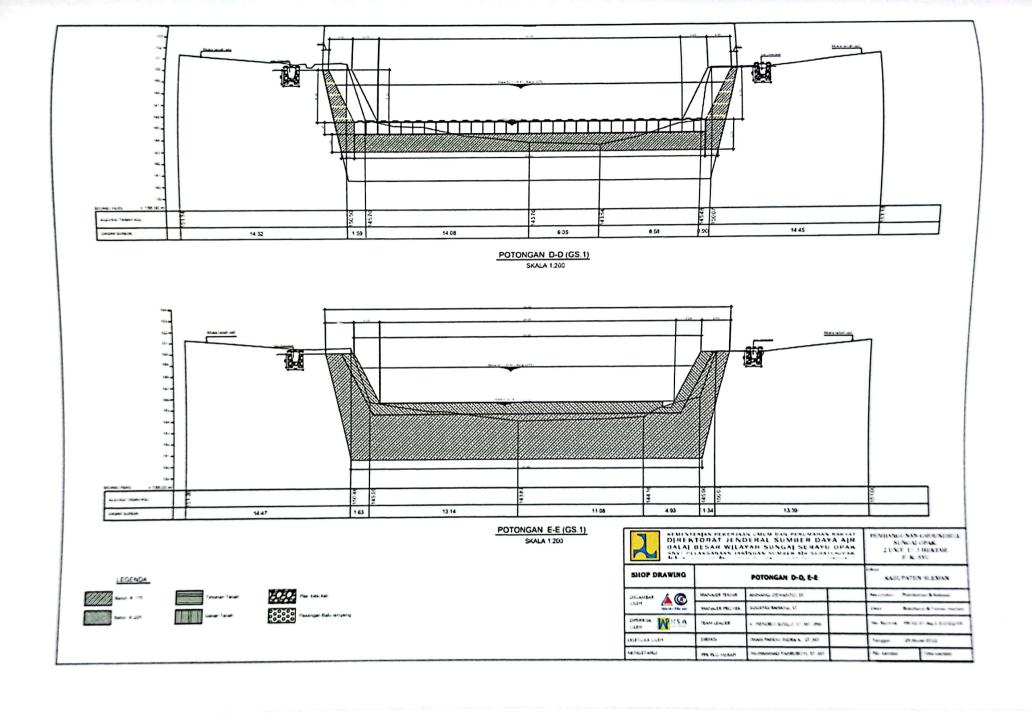


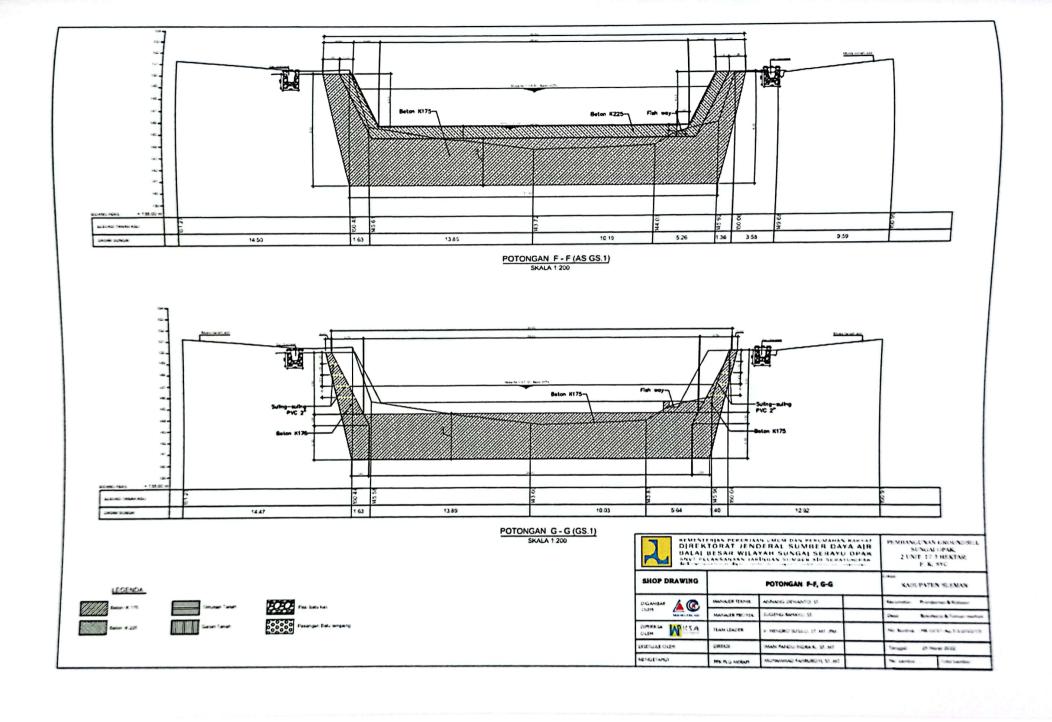


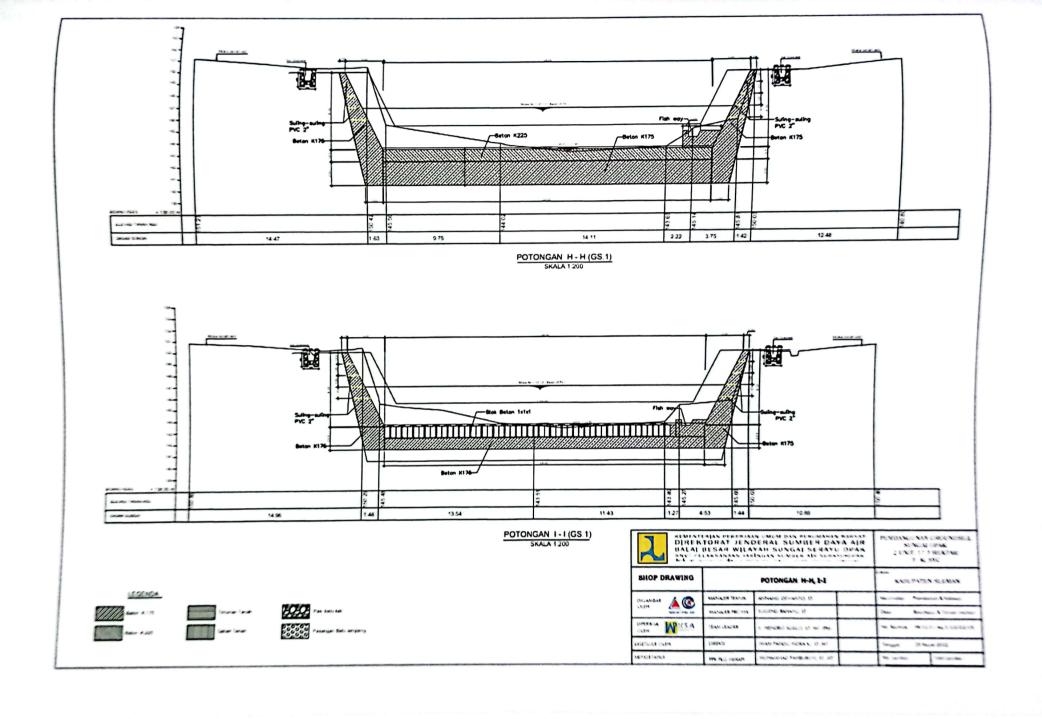


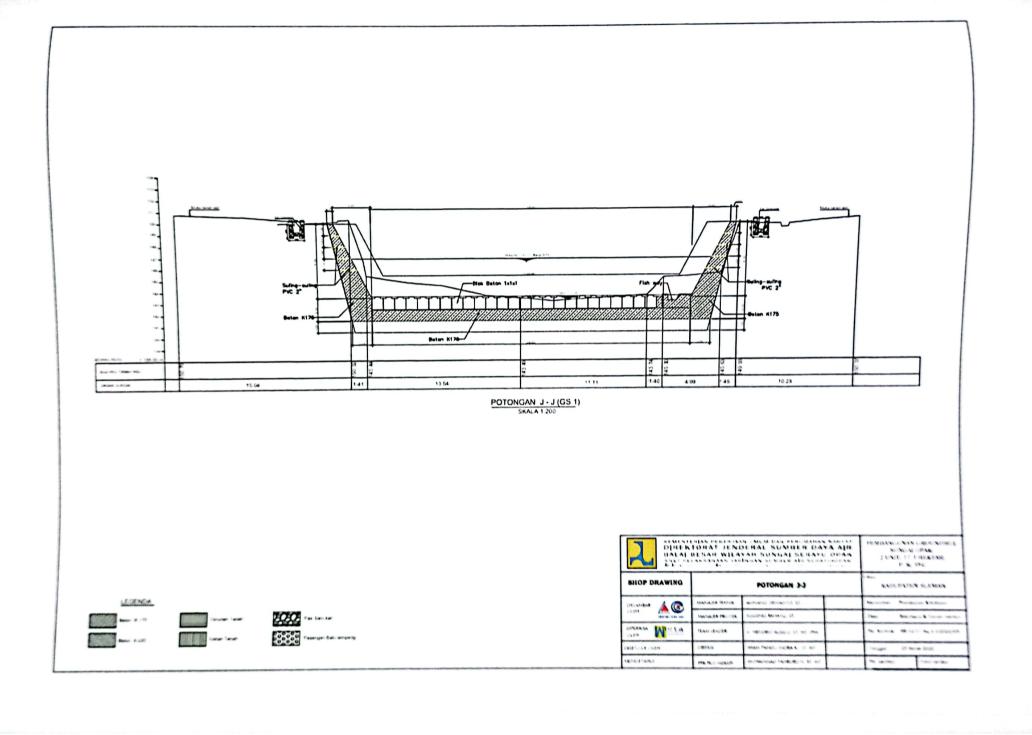


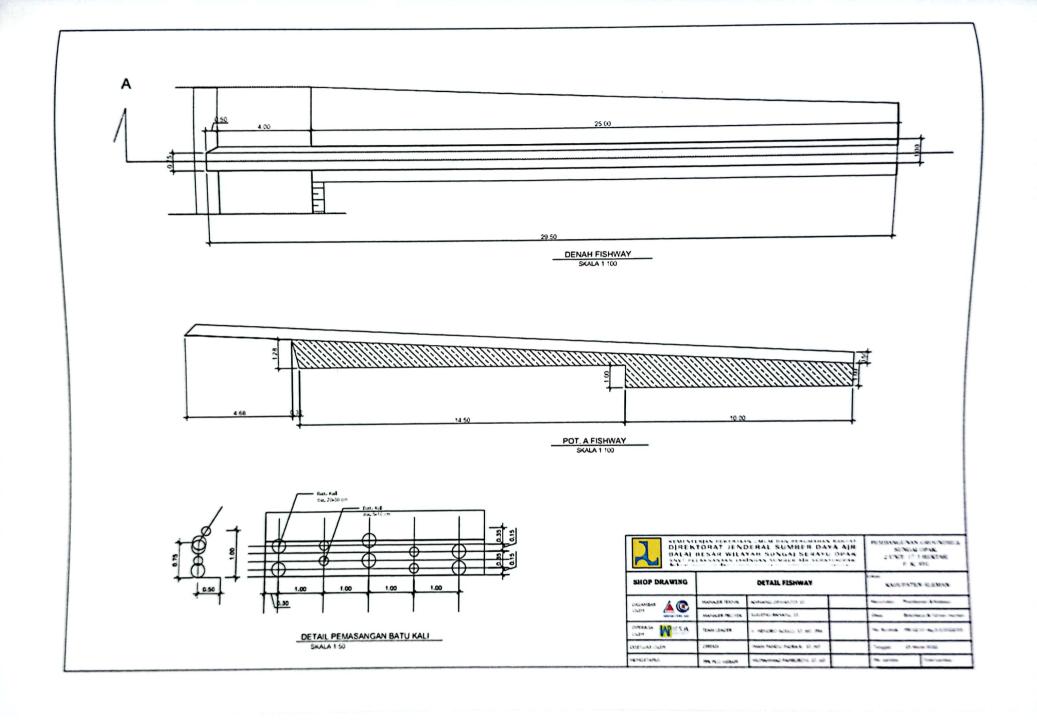




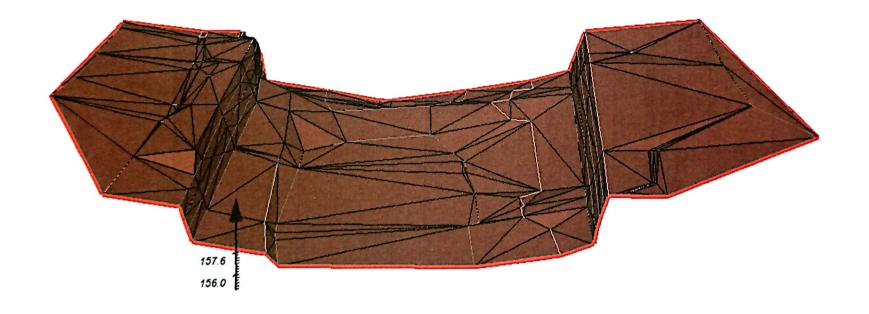


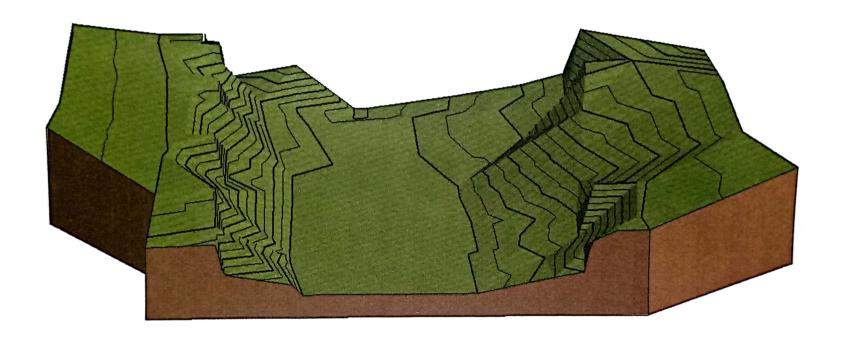


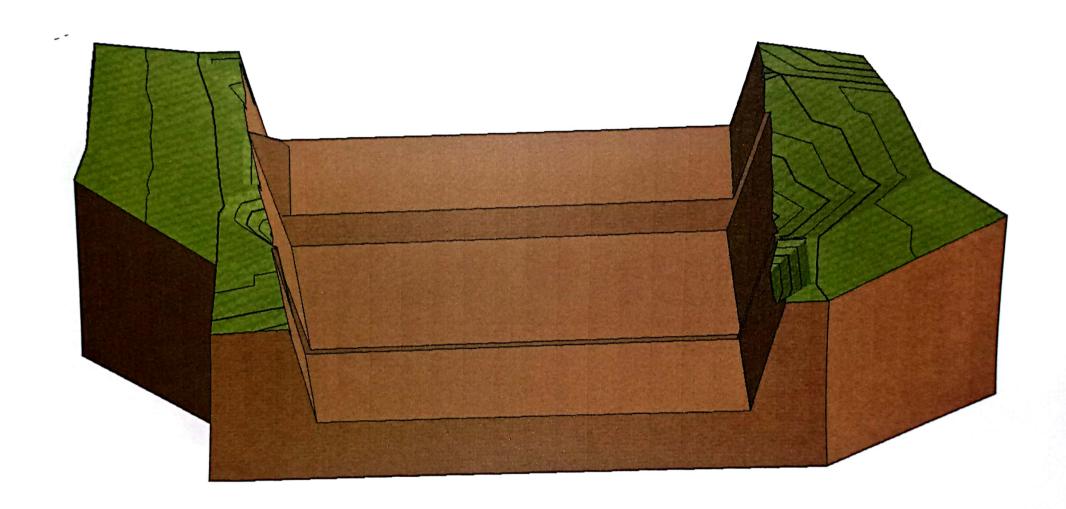


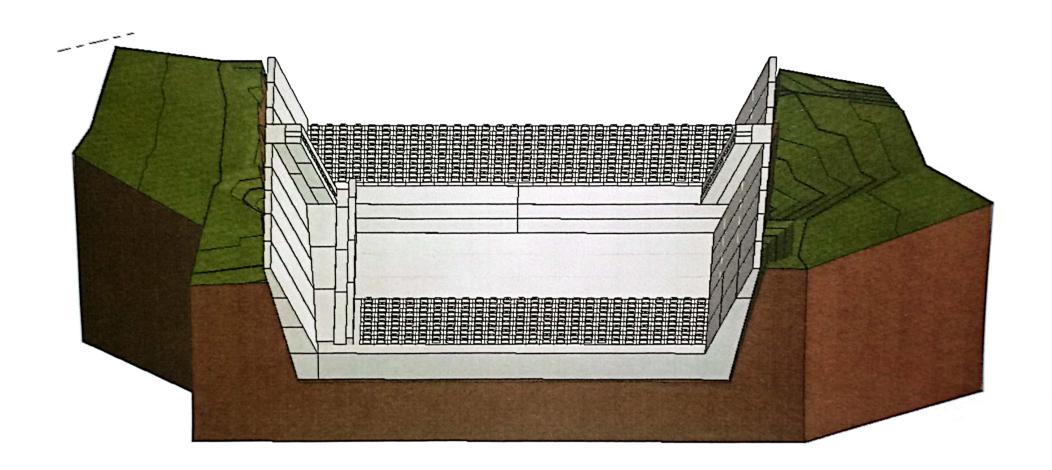


LAMPIRAN 2. 3D MODELING STRUKTUR GROUNDSILL 1









# LAMPIRAN 3. Rekapitulasi Bill Of Quantity

No	PEKERJAAN STRUKTUR VOLUME SATUAN				
110	GROUNDSILL	VOLUME	SATUAN		
A	SISI TIMUR				
1	Zona 1				
1.1	Galian Tanah	239.635	m <sup>3</sup>		
1.2	Bekisting	73.46	m²		
1.3	Cor Beton K-175	324.21			
2	Zona 2 324.21 m <sup>3</sup>				
2.1	Galian Tanah				
2.2	Bekisting	321.99	m <sup>3</sup>		
2.3	Cor Beton K-175	290.886	m <sup>2</sup>		
2.4	Cor Beton K-225	548.16	m <sup>3</sup>		
3	Zona 3 82.76 m <sup>3</sup>		m <sup>3</sup>		
3.1					
3.2		696.38	m <sup>3</sup>		
	Bekisting	217.340	m <sup>2</sup>		
3.3	Cor Beton K-175	717.83	m <sup>3</sup>		
3.4	Cor Beton K-225 204.86 m <sup>3</sup>		m <sup>3</sup>		
4	Zona 4				
4.1	Galian Tanah	306.94	m <sup>3</sup>		
4.2	Bekisting	101.117	m <sup>2</sup>		
4.3	Cor Beton K-175	349.08	m <sup>3</sup>		
В	SISI BARAT				
1	Zona 5				
1.1	Galian Tanah	306.94	m <sup>3</sup>		
1.2	Bekisting	110.117	m <sup>2</sup>		
1.3	Cor Beton K-175 389.77 m <sup>3</sup>		m <sup>3</sup>		
2	Zona 6				
2.1	Galiam Tanah	696.38	m <sup>3</sup>		

2.2	Bekisting				
2.3	Cor Beton K-175	256.111	m <sup>2</sup>		
2.4	Cor Beton K-225	813.49	m <sup>3</sup>		
	168.17 m <sup>3</sup>		m <sup>3</sup>		
3	Zona 7				
3.1	Galian Tanah	321.99	m <sup>3</sup>		
3.2	Bekisting	290.886	m <sup>2</sup>		
3.3	Cor Beton K-175				
3.4	Cor Beton K-225	548.16	m <sup>3</sup>		
		82.76	m <sup>3</sup>		
4	Zona 8				
4.1	Galian Tanah	239.64	m <sup>3</sup>		
4.2	Bekisting	73.46	m <sup>2</sup>		
4.3	Cor Beton K-175	324.21	m <sup>3</sup>		
C	PEKERJAAN BLOK BETON K-250				
1	Pemasangan Blok Beton K-250 Pada Hulu	610	Buah		

## LAMPIRAN 4. Dokumen Wawancara dengan Pelaksana Proyek

# Wawancara Penentuan Urutan Pekerjaan Struktur Groundsill 1 dan Durasi Pekerjaan Struktur Groundsill 1

: Kalurahan Bokoharjo, Kapanewon Prambanan, Kabupaten Sleman, D.I Yogyakarta Lokasi

: Jum'at, 11 November 2022 (14:00 – 16:00) Waktu

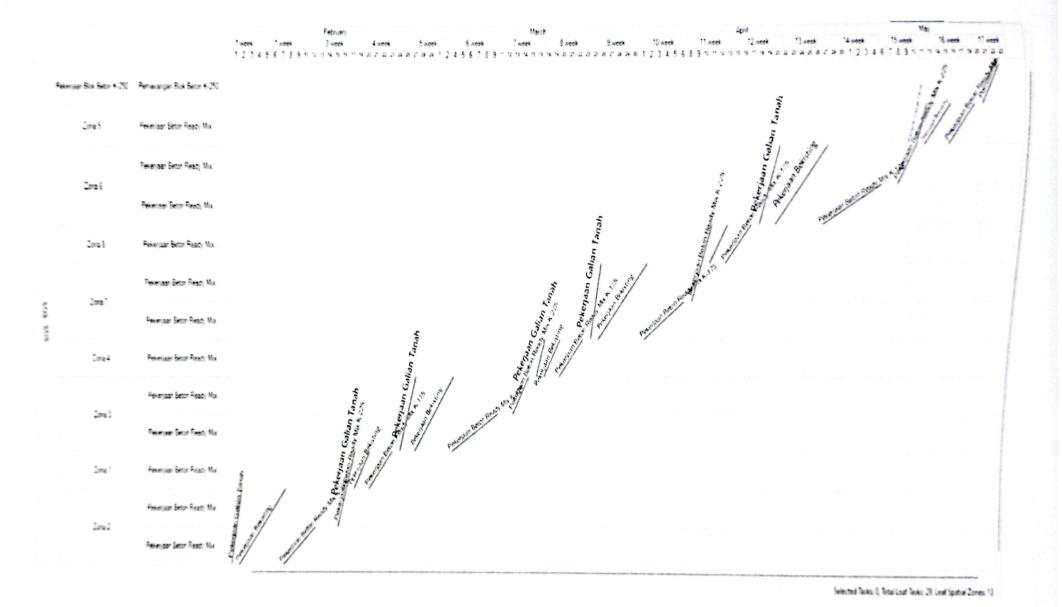
Narasumber : Bapak Anang

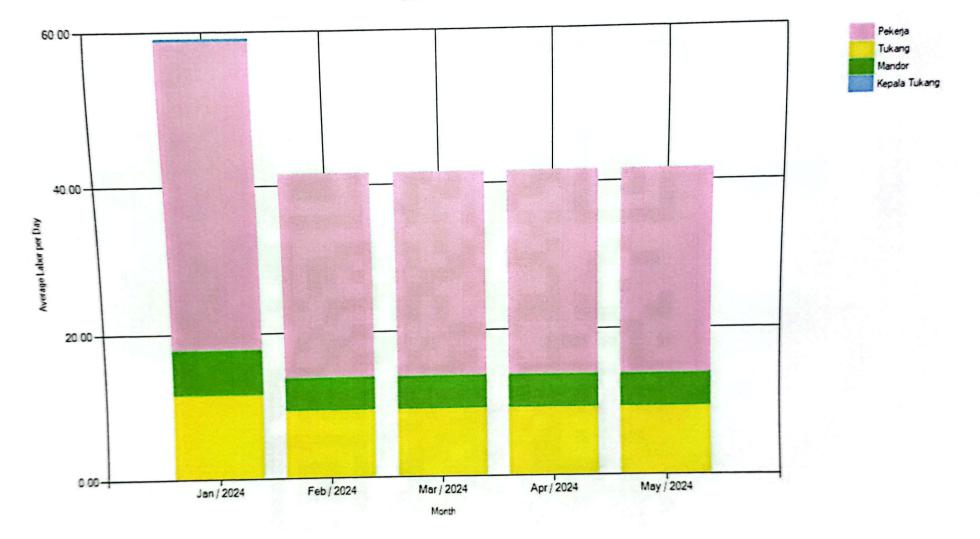
Perusahaan : Arafah - Citra. KSO

: Pelaksana Proyek Pekerjaan

N	lo	Narasumber	Pertanyaan	Jawaban	
	1	Bapak Anang	Apakah di perbolehkan untuk mengetahui urutan- urutan pekerjaan dan hubungan aktivitas pekerjaan tiap pekerjaan struktural yang ada di proyek Pak?	Urutan pekerjaan dan hubungan aktivitas pekerjaan struktural dapat diketahui berdasarkan rencana penjadwalan yang telah dibuat oleh tim pelaksana.	
	2	Bapak Anang	Apakah di perbolehkan untuk mengetahui durasi pekerjaan struktur groundsill 1 Pak?	Untuk durasi struktur groundsill 1 itu sendiri sekitar 3 bulan.	

LAMPIRAN 5. OUTPUT 4D BIM





## Barcode Video Simulasi Penjadwalan Struktur Groundsill 1



LAMPIRAN 6. PENJADWALAN PROYEK

JADWAL PELAKNANAAN PEKERJAAN Section Control Section Control Sec \_\_\_\_ Ξ =