

**TESIS**

**KOMPARASI WAKTU DAN BIAYA KONSTRUKSI MELALUI  
*REDESIGN PANEL HALF DEPTH SLAB* DENGAN  
IMPLEMENTASI BIM PADA PEMBANGUNAN  
INFRASTRUKTUR AKSES JALAN JETTY KIT BATANG**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi  
Persyaratan Memperoleh Derajat Magister Teknik Sipil**



Disusun oleh :

**NUR ASHMI HAFIAN**

**NIM : 22914023**

**KONSENTRASI MANAJEMEN KONSTRUKSI  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL - PROGRAM MAGISTER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**2024**

HALAMAN PERSETUJUAN

TESIS

KOMPARASI WAKTU DAN BIAYA KONSTRUKSI MELALUI  
*REDESIGN PANEL HALF DEPTH SLAB* DENGAN  
IMPLEMENTASI BIM PADA PEMBANGUNAN  
INFRASTRUKTUR AKSES JALAN JETTY KIT BATANG



Ir. Fitri Nugraheni, ST., MT., Ph.D., IP-M

Dosen Pembimbing I

Dr. Ir. Taufik Dwi Laksono, S.T., M.T., IP-M.

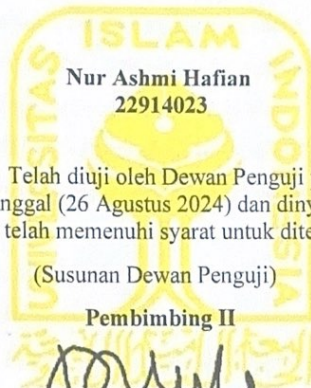
Dosen Pembimbing II

Tanggal:

Tanggal:

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**TESIS**  
**KOMPARASI WAKTU DAN BIAYA KONSTRUKSI MELALUI**  
**REDESIGN PANEL HALF DEPTH SLAB DENGAN**  
**IMPLEMENTASI BIM PADA PEMBANGUNAN**  
**INFRASTRUKTUR AKSES JALAN JETTY KIT BATANG**

Disusun oleh:



**Nur Ashmi Hafian**  
**22914023**

Telah diuji oleh Dewan Penguji pada  
tanggal (26 Agustus 2024) dan dinyatakan  
telah memenuhi syarat untuk diterima

(Susunan Dewan Penguji)

**Pembimbing I**

**Ir. Fitri Nugraheni, S.T.,  
M.T., Ph.D., IP-M.**

**Pembimbing II**

**Dr. Ir. Taufik Dwi Laksono,  
S.T., M.T., IP-M.**

**Penguji III**

**Prof. Ar.Dr.-Ing. Ir. Ilya  
Fadjar Maharika, M.A., IAL.**

Yogyakarta, 28 OCT 2024

Universitas Islam Indonesia  
Program Studi Teknik Sipil, Program Magister

Ketua Program.



**Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, MT.**

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (magister), baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program "*Software*" komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, Oktober 2024

Yang membuat pernyataan,

  
Ashmi Hafian

(22914023)

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, hanya dengan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Tidak lupa Shalawat tetap penulis panjatkan sebagai junjungan Nabi Muhammad SAW, sebaik-baiknya tauladan bagi yang mengharapkan Rahmat dan Hidayah-Nya.

Dalam proses pembuatan penelitian ini, begitu banyak bantuan dan dukungan yang penulis terima dari berbagai pihak, untuk itu dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Ibu Ir. Fitri Nugraheni, ST., MT., Ph.D., IP-M. selaku dosen pembimbing pertama, yang telah memberikan bimbingan, tambahan ilmu, serta masukan dan pengarahan dalam penulisan penelitian ini dengan penuh kesabaran dan perhatian.
2. Bapak Dr. Ir. Taufik Dwi Laksono, S.T., M.T., IP-M. Selaku dosen pembimbing kedua yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, masukan juga referensi serta pendalaman ilmu dalam penulisan penelitian ini.
3. Kedua orang tua, yaitu Bapak Helmi dan Ibu Lutfiani yang telah memberikan doa dan dukungan yang tidak ternilai harganya. Beliau adalah anugerah terindah yang diberikan ALLAH SWT tanpa mereka penulis tidak dapat mencapai titik keberhasilan seperti saat ini.
4. Orang-orang tersayang, saudara dan sahabat yang selalu memberikan kata kata penyemangat sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik.
5. Temah-teman angkatan Magister Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia angkatan 2022.
6. Bapak Tri Gunawan, Bapak Gunawan Sukmajaya dan Bapak Mohammad

Wahyudi yang telah mensupport dan memberikan kesempatan penulis untuk menyelesaikan penelitian ini.

7. PT. Adhi Karya yang telah mensupport penulis untuk menyelesaikan penelitian ini diimbangi dengan pekerjaan di lapangan.

Akhir kata penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya atas segala kesalahan yang penulis lakukan baik sengaja maupun tidak sengaja selama berkuliah di Magister Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia maupun selama penulisan penelitian ini. Semoga Allah SWT mengampuni segala kesalahan dan menunjukkan jalan yang lurus dan benar kepada kita semua. Amin

Yogyakarta, 12 Oktober 2024



Nur Ashmi Hafian, S.T.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMPUL</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xi</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>xi</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>5</b>
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.1.1 Implementasi <i>Building Information Modeling 4D</i> (Studi Kasus: Proyek Lanjutan Pembangunan Gedung Kantor Sekretariat Daerah Kabupaten Tapin)	5
2.1.2 Analisis Percepatan Pelaksanaan Proyek dengan Metode Crashing pada Proyek Jembatan Mlaten Kedungpedaringan Kepanjen Kabupaten Malang	5
2.1.3 Penerapan Metode <i>Building Information Modeling</i> (BIM) Pada Pekerjaan Struktural Gedung Kuliah Terpadu III (GKT III) Politeknik Negeri Bengkalis	6
2.1.4 Optimasi Waktu dan Biaya Pelaksanaan Proyek Jalan dengan Metode <i>Crash Program</i> (Studi Kasus: Pemeliharaan Jalan Kecamatan Tenggarong Seberang dan Tenggarong)	7
2.2 Keaslian Penelitian	7

<b>BAB III LANDASAN TEORI</b>	<b>14</b>
3.1	<i>Building Information Modelling</i> 14
3.2	BIM 3D 14
3.3	BIM 4D 15
3.4	BIM 5D 16
3.5	Manajemen Proyek 16
3.6	Alternatif Percepatan 18
3.7	Mempersingkat Waktu Penyelesaian Proyek ( <i>Akselerasi/Crashing</i> ) 19
3.8	Hubungan Antara Biaya dan Waktu 20
3.9	Analisis Pertukaran Waktu Dan Biaya ( <i>Time Cost Trade Off Analysis</i> ) 21
3.10	Rencana Anggaran Biaya 22
3.11	<i>Time Schedule</i> Proyek 23
3.12	<i>Network Planning</i> 24
3.13	Jenis Teknik Penjadwalan 25
3.14	<i>Microsoft Project</i> 26
3.15	<i>Naviswork</i> 27
3.16	<i>Allplan</i> 27
3.17	<i>BIM Modeling</i> 28
3.18	Pengaruh Validasi Desain Berbasis BIM 29
3.19	<i>Half slab</i> 30
3.20	<i>Half Slab</i> Lapangan 30
3.21	<i>Half Slab</i> Tumpuan 33
<b>BAB IV METODE PENELITIAN</b>	<b>35</b>
4.1	Metode Penelitian 35
4.2	Lokasi Penelitian 35
4.3	Objek Penelitian 36
4.4	Data dan Metode Pengumpulan Data 37
4.5	Tahapan Penelitian 37
4.6	Bagan Alir Penelitian 39
<b>BAB V METODE PENELITIAN</b>	<b>41</b>
5.1	Pelaksanaan Penelitian 41
5.1.1	Data Teknis <i>Half Slab</i> Eksisting 41

5.1.2	Schedule Pekerjaan	47
5.1.3	Data <i>Resource</i> Pekerjaan <i>Half Slab</i>	53
5.1.4	Analisa Harga Satuan Pengadaan dan Pemasangan <i>Half Slab</i>	54
5.1.5	Biaya Pelaksanaan Pekerjaan <i>Half Slab</i> Eksisting	57
5.1.6	Metode Pelaksanaan Pemasangan <i>Half Slab</i> Eksisting	57
5.2	Tahap <i>Redesign Half Slab</i>	62
5.2.1	Modeling <i>Half Slab</i> melalui <i>Software All Plan</i>	62
5.2.2	<i>Quantity Take Off</i> Model <i>Half Slab</i>	64
5.3	Analisa Teknis Pekerjaan <i>Half Slab (Redesign)</i>	67
5.3.1	Metode Pelaksanaan	62
5.3.2	Waktu Pelaksanaan yang Diperlukan	69
5.3.3	Biaya Pekerjaan yang Diperlukan	74
5.4	Komparasi Biaya dan Waktu Pekerjaan Pemasangan <i>Half Slab (Eksisting dengan Redesign)</i>	74
5.4.1	Komparasi Biaya	74
5.4.2	Komparasi Waktu	76
5.5	Overview Schedule Pekerjaan <i>Half Slab (Eksisting dan Redesign)</i> dengan <i>Software Naviswork</i>	77
5.5.1	<i>Overview</i> Schedule Pekerjaan <i>Half Slab</i> Eksisting	77
5.5.2	<i>Overview</i> Schedule Pekerjaan <i>Half Slab Redesign</i>	79
5.6	Pembahasan	85
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b>		<b>83</b>
6.1	Kesimpulan	87
6.2	Saran	87
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		<b>85</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	8
Tabel 5.1 Komparasi Biaya Pekerjaan	75
Tabel 5.2 Komparasi Waktu Pelaksanaan Pekerjaan Slab Jembatan	76

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Visual Implementasi BIM 3D	15
Gambar 3.2 Visual Implementasi BIM 4D	15
Gambar 3.3 Perhitungan <i>Quantity Take Off</i> BIM 5D	16
Gambar 3.4 Grafik Hubungan Waktu-Biaya Normal Dan Dipersingkat Untuk Satu Kegiatan	20
Gambar 3.5 Grafik Hubungan Waktu Dengan Biaya Total, Biaya Langsung dan Biaya Tidak Langsung	21
Gambar 3.6 Visual <i>Microsoft Project</i>	26
Gambar 3.7 Visual <i>Naviswork</i>	27
Gambar 3.8 Visual <i>Allplan</i>	28
Gambar 3.9 <i>Work flow steps of methodology</i>	29
Gambar 3.10 <i>Half Slab</i> Jembatan	30
Gambar 3.11 Detail Penulangan <i>Half Slab</i> Tebal 25 Cm	31
Gambar 3.12 Detail Potongan 1 <i>Half Slab</i> Tebal 25 Cm	31
Gambar 3.13 Detail Potongan 2 <i>Half Slab</i> Tebal 25 Cm	32
Gambar 3.14 Detail Penulangan <i>Half Slab</i> Tebal 35 Cm	32
Gambar 3.15 Detail Potongan 3 <i>Half Slab</i> Tebal 35 Cm	32
Gambar 3.16 Detail Penulangan <i>Half Slab</i> Tebal 25 Cm	33
Gambar 3.17 Detail Potongan 1 <i>Half Slab</i> Tebal 25 Cm	33
Gambar 3.18 Detail Potongan 2 <i>Half Slab</i> Tebal 25 Cm	34
Gambar 3.19 Detail Penulangan <i>Half Slab</i> Tebal 35 Cm	34
Gambar 3.20 Detail Potongan 3 <i>Half Slab</i> Tebal 35 Cm	34
Gambar 4.1 Denah Lokasi Penelitian Peta Rencana Struktur Kawasan Industri Batang	36



Gambar 4.2 <i>Flowchart</i> Penelitian	40
Gambar 5.1 Tipikal Detail <i>Half Slab</i> Tipe 1A	41
Gambar 5.2 Tipikal Detail <i>Half Slab</i> Tipe 1C	42
Gambar 5.3 Tipikal Detail <i>Half Slab</i> Tipe 2A	42
Gambar 5.4 Tipikal Detail <i>Half Slab</i> Tipe 2C	43
Gambar 5.5 Denah Posisi <i>Half Slab</i> EJ1 – EJ2	43
Gambar 5.6 Denah Posisi <i>Half Slab</i> EJ2 – EJ3	44
Gambar 5.7 Denah Posisi <i>Half Slab</i> EJ3 – EJ4	44
Gambar 5.8 Denah Posisi <i>Half Slab</i> EJ3 – EJ4	44
Gambar 5.9 Denah Posisi <i>Half Slab</i> EJ5 – P1	45
Gambar 5.10 <i>Quantity Take Off</i> Beton <i>Half Slab Precast</i> Tipe 1A	45
Gambar 5.11 <i>Quantity Take Off</i> Beton <i>Half Slab Precast</i> Tipe 1C	46
Gambar 5.12 <i>Quantity Take Off</i> Beton <i>Half Slab Precast</i> Tipe 2A	46
Gambar 5.13 <i>Quantity Take Off</i> Beton <i>Half Slab Precast</i> Tipe 2C	47
Gambar 5.14 <i>Schedule</i> Pekerjaan <i>Half Slab</i> P1 – EJ5	48
Gambar 5.15 <i>Schedule</i> Pekerjaan <i>Half Slab</i> EJ5 – EJ4	49
Gambar 5.16 <i>Schedule</i> Pekerjaan <i>Half Slab</i> EJ4 – EJ3	50
Gambar 5.17 <i>Schedule</i> Pekerjaan <i>Half Slab</i> EJ3 – EJ2	51
Gambar 5.18 <i>Schedule</i> Pekerjaan <i>Half Slab</i> EJ2 – EJ1	52
Gambar 5.19 <i>Crawler Crane</i> Sany Kapasitas 50 Ton	53
Gambar 5.20 Analisa Harga Satuan Beton Fc'35 Mpa	54
Gambar 5.21 Analisa Harga Satuan Pengadaan <i>Half Slab</i> Tipe 1A	54
Gambar 5.22 Analisa Harga Satuan Pengadaan <i>Half Slab</i> Tipe 1C	55
Gambar 5.23 Analisa Harga Satuan Pengadaan <i>Half Slab</i> Tipe 2A	55
Gambar 5.24 Analisa Harga Satuan Pengadaan <i>Half Slab</i> Tipe 2C	56
Gambar 5.25 Analisa Harga Satuan Pemasangan <i>Half Slab</i>	56
Gambar 5.26 Analisa Harga Satuan Bekisting Gap Antar <i>Half Slab</i>	56
Gambar 5.27 Biaya Pengadaan <i>Half Slab</i> Eksisting	57
Gambar 5.28 <i>Crawler Crane</i> Sany Kapasitas 50 Ton	58
Gambar 5.29 <i>Stock Yard Half Slab</i>	58
Gambar 5.30 Proses Angkat <i>Half Slab</i> Dari <i>Stock Yard</i> Terdekat	59
Gambar 5.31 Proses Pemasangan <i>Half Slab</i>	59
Gambar 5.32 Celah Antar <i>Half Slab</i> Sebelum Terpasang Bekisting	60
Gambar 5.33 Bekisting Gantung Yang Telah Terpasang	60
Gambar 5.34 Cor Antar <i>Half Slab</i> Bersamaan Dengan Lantai Jembatan	61
Gambar 5.35 Isometri Model <i>Redesign Half Slab</i> Tipe – 1A	61
Gambar 5.36 Tipikal Model <i>Redesign Half Slab</i> Tipe – 1A	62
Gambar 5.37 Isometri Model <i>Redesign Half Slab</i> Tipe – 1C	62
Gambar 5.38 Tipikal Model <i>Redesign Half Slab</i> Tipe – 1C	62
Gambar 5.39 Isometri Model <i>Redesign Half Slab</i> Tipe – 2A	63
Gambar 5.40 Tipikal Model <i>Redesign Half Slab</i> Tipe – 2A	63

Gambar 5.41 Isometri Model <i>Redesign Half Slab</i> Tipe – 2C	63
Gambar 5.42 Tipikal Model <i>Redesign Half Slab</i> Tipe – 2C	64
Gambar 5.43 Model <i>Redesign Half Slab</i> yang Terpasang	64
Gambar 5.44 <i>Quantity Take Off</i> Beton <i>Half Slab Precast</i> Tipe 2A	65
Gambar 5.45 <i>Quantity Take Off</i> Beton <i>Half Slab Precast</i> Tipe 2C	65
Gambar 5.46 <i>Quantity Take Off</i> Beton <i>Half Slab Precast</i> Tipe 1A	66
Gambar 5.47 <i>Quantity Take Off</i> Beton <i>Half Slab Precast</i> Tipe 1C	66
Gambar 5.48 Visual Pekerjaan Persiapan Pemasangan <i>Half slab</i>	67
Gambar 5.49 Visual Pekerjaan Pemasangan <i>Half Slab</i>	67
Gambar 5.50 Visual <i>Half Slab</i> yang Telah Terpasang	68
Gambar 5.51 Waktu Pelaksanaan <i>Half Slab Redesign</i> P1 – EJ5	69
Gambar 5.52 Waktu Pelaksanaan <i>Half Slab Redesign</i> EJ5 – EJ4	70
Gambar 5.53 Waktu Pelaksanaan <i>Half Slab Redesign</i> EJ4 – EJ3	71
Gambar 5.54 Waktu Pelaksanaan <i>Half Slab Redesign</i> EJ3 – EJ2	72
Gambar 5.55 Waktu Pelaksanaan <i>Half Slab Redesign</i> EJ2 – EJ1	73
Gambar 5.56 Biaya Pengadaan <i>Half Slab Redesign</i>	74
Gambar 5.57 Awal Pekerjaan Pemasangan <i>Half Slab</i> Pada Area P1 – EJ5	77
Gambar 5.58 Akhir Pekerjaan Slab Join Antar <i>Half Slab</i> Pada Area EJ3 – EJ2	78
Gambar 5.59 Awal Pekerjaan Pemasangan <i>Half Slab</i> Pada Area P1 – EJ5	79
Gambar 5.60 Akhir Pekerjaan Slab Join Antar <i>Half Slab</i> Pada Area EJ3 – EJ2	80

## ABSTRAK

Kabupaten Batang, yang terletak strategis di sepanjang Jalur Pantura, saat ini sedang melaksanakan pembangunan infrastruktur untuk meningkatkan aksesibilitas transportasi barang dan bahan baku antara pelabuhan dan kawasan industri. Salah satu proyek penting yang sedang berlangsung adalah Pembangunan Akses Jalan Jetty Kawasan Industri Terpadu (KIT) Batang, yang termasuk dalam Proyek Strategis Nasional. Salah satu elemen kunci dalam proyek ini adalah pekerjaan half slab, yang menggunakan sistem pelat beton pracetak dan pengecoran konvensional. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan waktu dan biaya pelaksanaan pekerjaan half slab dengan melakukan redesign menggunakan metode Building Information Modeling (BIM) 3D, 4D, dan 5D. BIM 3D digunakan untuk visualisasi desain, BIM 4D untuk simulasi jadwal, dan BIM 5D untuk perhitungan kuantitas material serta biaya. Dalam studi ini, terdapat empat tipe half slab yang digunakan, dan melalui analisis teknis, ditemukan bahwa redesign half slab dapat mempercepat waktu pemasangan di beberapa area proyek. Di area EJ5 – EJ4, waktu pengerjaan dapat dipersingkat 9 hari, sementara di area EJ4 – EJ3 dan EJ3 – EJ2, dapat dipersingkat masing-masing 1 hari. Dari segi biaya, hasil analisis menunjukkan bahwa meskipun biaya pengadaan half slab redesign lebih tinggi sebesar Rp. 27.350.749 dibandingkan dengan half slab eksisting, desain ulang ini menghilangkan kebutuhan biaya bekisting sebesar Rp. 23.969.984 dan memangkas biaya beton lantai jembatan sebesar Rp. 513.207.303. Total biaya pemasangan half slab redesign sebesar Rp. 4.221.200.440. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam mengoptimalkan waktu dan biaya pada proyek infrastruktur, serta memberikan manfaat jangka panjang bagi efisiensi transportasi di Kabupaten Batang.

**Kata kunci:** Pembangunan Infrastruktur, Half Slab, Redesign, BIM, Optimasi Waktu dan Biaya

## **ABSTRACT**

*Batang Regency, which is strategically located along the Pantura Route, is currently carrying out infrastructure development to increase the accessibility of transportation of goods and raw materials between ports and industrial areas. One of the important projects currently underway is the construction of the Batang Integrated Industrial Zone (KIT) Jetty Road Access, which is included in the National Strategic Project. One of the key elements in this project is the half slab work, which uses a precast concrete slab system and conventional casting. This research aims to optimize the time and cost of implementing half slab work by redesigning it using the 3D, 4D and 5D Building Information Modeling (BIM) method. BIM 3D is used for design visualization, BIM 4D for schedule simulation, and BIM 5D for calculating material quantities and costs. In this study, there were four types of half slabs used, and through technical analysis, it was found that half slab redesign could speed up installation time in several project areas. In the EJ5 – EJ4 area, the processing time can be shortened by 9 days, while in the EJ4 – EJ3 and EJ3 – EJ2 areas, it can be shortened by 1 day each. In terms of costs, the analysis results show that although the cost of procuring a half slab redesign is higher at Rp. 27,350,749 compared to the existing half slab, this redesign eliminates the need for formwork costs of Rp. 23,969,984 and cut the cost of bridge floor concrete by Rp. 513,207,303. The total cost of installing the half slab redesign is Rp. 4,221,200,440. It is hoped that this research can make a significant contribution in optimizing time and costs for infrastructure projects, as well as providing long-term benefits for transportation efficiency in Batang Regency.*

**Keywords:** *Infrastructure Development, Half Slab, Redesign, BIM, Time and Cost Optimization*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kabupaten Batang merupakan salah satu kabupaten yang memiliki letak strategis di Provinsi Jawa Tengah Terletak di sepanjang Jalur Pantura, wilayah ini menjadi ruas pokok Jalan Nasional dengan lalu lintas yang tinggi antar Provinsi. Namun, kondisi umum ruas jalan tersebut adalah sedang, sehingga memerlukan upaya untuk meningkatkan aksesibilitas dan mempercepat transportasi barang dan bahan baku antara pelabuhan dan kawasan industri.

Tujuan utama dari pembangunan ini adalah untuk menciptakan akses jalan yang baik guna meningkatkan efisiensi transportasi. Dengan infrastruktur yang memadai, transportasi barang dan bahan baku antara pelabuhan dan kawasan industri akan menjadi lebih lancar, mempercepat proses distribusi produk serta meningkatkan daya saing daerah tersebut. Salah satu pembangunan infrastruktur yang sedang dilaksanakan di Batang adalah Pembangunan Akses Jalan Jetty Kawasan Industri Batang.

Pada kasus pembangunan infrastruktur seperti ini perlu perhatian khusus terhadap faktor percepatan pekerjaan menjadi sangat penting karena Pembangunan Infrastruktur Akses Jalan Jetty KIT Batang merupakan salah satu Proyek Strategis Nasional sebagaimana tercantum dalam Peraturan Presiden Nomor 109 Tahun 2020 tentang perubahan ketiga atas Peraturan Presiden Nomor 3 Tahun 2016 tentang Percepatan Pelaksanaan Proyek Strategis Nasional. Menyikapi peraturan Presiden tersebut, maka diperlukan langkah – langkah yang dapat mempercepat waktu pelaksanaan pekerjaan akses jalan jetty KIT Batang sehingga proyek pembangunan infrastruktur ini dapat memenuhi peraturan Presiden tersebut. Salah satu pekerjaan

yang diambil untuk mempercepat waktu pelaksanaan adalah pada pekerjaan *half slab*.

Pekerjaan *half slab* merupakan salah satu pekerjaan yang harus dilakukan pada Proyek Pembangunan Infrastruktur Akses Jalan Jetty KIT Batang. *Half slab precast* merupakan system pelat lantai yang menggunakan dua metode berbeda pada pelatnya. Pada bagian bawah pelat menggunakan beton pracetak, sementara itu pada bagian atas pelat dilakukan pengecoran konvensional di lokasi proyek (Wika Beton, 2022).

*Half slab* pada proyek ini memiliki 4 tipe yaitu tipe 1a dengan dimensi (7100 x 2200 x 250 mm), tipe 1c dengan dimensi (7100 x 1150 x 250 mm), tipe 2a dimensi (6800 x 2200 x 250 mm) dan tipe 2c dimensi (6800 x 1150 x 250 mm). *Half slab* tersebut juga memiliki celah antar *half slab* dengan jarak 18 cm yang diperkirakan dapat membutuhkan waktu lebih lama bila dibandingkan dengan *half slab* tipe yang lain.

Berdasarkan permasalahan di atas terdapat desain yang dapat mempersingkat waktu pekerjaan *half slab*, maka perlu dilakukan penelitian ini untuk mengetahui *half slab* yang dapat diterapkan pada proyek ini agar didapatkan gambaran adanya desain *half slab* yang dapat memiliki biaya dan waktu yang lebih efisien bila dibandingkan *half slab* yang ada. Dalam melakukan analisis ini juga menerapkan implementasi BIM 3D menggunakan *software allplan*, 4D menggunakan *software naviswork* dengan inputan dari *ms. project* dan BIM 5D menggunakan *software allplan*. Implementasi BIM ini berfungsi untuk memberikan data – data yang direncanakan melalui visualisasi yang akurat dan detail untuk memberikan fisibilitas yang lebih besar guna membantu mobilitas sumber daya yang akan digunakan dalam konstruksi.

Adanya penelitian ini diharapkan akan memperoleh optimasi biaya dan waktu pada salah satu pekerjaan yaitu pekerjaan *half slab* yang akan dilakukan *redesign* dengan implementasi *Building Information Modeling* (BIM) 3D, 4D dan 5D. Peran BIM sendiri dari tahapan BIM 3D untuk segi visual dan gambar, BIM 4D untuk simulasi *schedule* dan BIM 5D untuk *quantity take off*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang akan diangkat adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil perbandingan desain rencana *half slab* dengan redesain *half slab* menggunakan metode *Building Information Modeling* (BIM) 4D dan 5D pada proyek pembangunan infrastruktur akses jalan Jetty KIT Batang ?
2. Bagaimana hasil perbandingan desain rencana *half slab* dengan redesain *half slab* untuk mengetahui durasi yang optimal pada pembangunan infrastruktur akses jalan jetty KIT Batang ?
3. Berapa besar biaya yang dibutuhkan dengan hasil perbandingan desain rencana *half slab* dengan redesain *half slab* pada proyek pembangunan infrastruktur akses jalan jetty KIT Batang ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan Rumusan Masalah diatas, maka tujuan penelitian yang akan diangkat adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis perbandingan desain rencana *half slab* dengan redesain *half slab* menggunakan metode *Building Information Modeling* (BIM) 4D dan 5D pada proyek pembangunan infrastruktur akses jalan jetty KIT Batang.
2. Menganalisis durasi yang optimal dari hasil perbandingan desain rencana *half slab* dengan redesain *half slab* pada proyek pembangunan infrastruktur akses jalan jetty KIT Batang.
3. Menganalisis besarnya biaya dari hasil perbandingan desain rencana *half slab* dengan redesain *half slab* pada proyek pembangunan infrastruktur akses jalan jetty KIT Batang.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian Tesis ini adalah sebagai berikut.

1. Mahasiswa

Mahasiswa dapat pemahaman yang mendalam tentang *Building Information Modeling* (BIM) 4D dan 5D dan cara penerapannya dalam analisis durasi terkait dengan proyek pembangunan infrastruktur.

2. Proyek

Penerapan *Building Information Modeling* (BIM) 4D dan 5D akan meningkatkan akurasi perencanaan yang lebih baik pada proyek pembangunan infrastruktur akses jalan Jetty KIT Batang.

3. Ilmu Pengetahuan

Penelitian ini dapat meningkatkan pemahaman tentang manfaat BIM dalam mengintegrasikan aspek waktu dan biaya ke dalam proses perencanaan dan pengelolaan proyek konstruksi secara keseluruhan. Hal ini akan memperkaya wawasan ilmiah mengenai penerapan teknologi inovatif untuk meningkatkan pekerjaan pada proyek konstruksi.

#### 1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian sangat penting agar suatu penelitian fokus dan spesifik. Pembahasan dalam Tesis ini dibatasi sebagai berikut:

1. Peneliti difokuskan pada analisis biaya dan waktu yang optimum akibat perubahan *redesign half slab*.
2. Peneliti difokuskan meneliti pekerjaan *half slab* dari aspek metode kerja pemasangan.
3. BIM yang digunakan hanya pada tahap BIM 3D, 4D dan 5D.
4. Implementasi BIM 3D dan 5D dilakukan menggunakan *Allplan*.
5. Implementasi BIM 4D dilakukan menggunakan *Microsoft Project* untuk perhitungan waktu yang optimal dan sebagai inputan ke *Naviswork*.
6. *Redesign half slab* tidak mempengaruhi perubahan beban struktur.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Penelitian terdahulu yang digunakan dalam penelitian ini akan dijadikan menjadi bahan pertimbangan dan referensi serta menghindari adanya plagiasi. Penelitian terdahulu yang menjadi tinjauan pustaka dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

##### **2.1.1 Implementasi *Building Information Modeling 4D* (Studi Kasus: Proyek Lanjutan Pembangunan Gedung Kantor Sekretariat Daerah Kabupaten Tapin)**

Khatimi dan Pardosi (2022), melaksanakan penelitian mengenai penerapan BIM 4D (penjadwalan) menggunakan *tekla* pada Proyek Lanjutan Pembangunan Gedung Kantor Sekretariat Daerah Kabupaten Tapin menggunakan *tekla* untuk mengetahui penggunaan BIM terhadap penjadwalan yang didapatkan dari kontraktor. Dari hasil penelitian ini didapati hasil bahwa penggunaan *tekla structures* dapat diterapkan dalam membuat penjadwalan pada proyek lanjutan pembangunan Gedung Kantor Sekretariat Daerah Kabupaten Tapin.

##### **2.1.2 Analisis Percepatan Pelaksanaan Proyek dengan Metode Crashing pada Proyek Jembatan Mlaten Kedungpedaringan Kepanjen Kabupaten Malang**

Bambang Dwi Mulyanto (2023), melaksanakan penelitian tentang Analisis Percepatan Pelaksanaan Proyek Dengan Metode Crashing Pada Proyek Jembatan Mlaten Kedungpedaringan Kepanjen Kabupaten Malang. Peneliti menggunakan studi kasus proyek pembangunan jembatan Mlaten Kedungpedaringan Kepanjen Kabupaten Malang yang meliputi pembangunan jembatan baru diatas jembatan

lama yang memang perlu penanganan cepat dikhawatirkan jika tidak segera dibangun akan terjadi longsor pada bagian sisi timur jembatan dan menghambat aksesibilitas masyarakat karena ruas jalan yang melintasi jembatan tersebut merupakan akses utama lingkaran Kepanjen sangat penting sebagai pendukung utama dalam aktifitas ekonomi dan sosial masyarakat. Pada penelitian ini menggunakan metode *crash program* yang dilakukan untuk percepatan pada pekerjaan yang berada di lintasan kritis. Dari hasil penelitian ini diperoleh cara yang tepat untuk mempercepat durasi proyek, proyek *crashing* itu sendiri merupakan proses mereduksi atau mengurangi durasi suatu pekerjaan yang akan berpengaruh terhadap waktu penyelesaian proyek.

### **2.1.3 Penerapan Metode *Building Information Modeling* (BIM) Pada Pekerjaan Struktural Gedung Kuliah Terpadu III (GKT III) Politeknik Negeri Bengkalis**

Enda dan Destriyana (2022), melaksanakan penelitian tentang penggunaan *Building Information Modeling* (BIM) untuk mendapatkan hasil yang efektif dan efisien dalam membuat permodelan 3D pada pekerjaan *structural* Gedung Kuliah Terpadu III (GKT III) Politeknik Negeri Bengkalis. Pada penelitian ini digunakan teknik pengolahan data dengan tahap permodelan struktur 3D bangunan menggunakan aplikasi *revit structure* 2020 dan perhitungan volume pengecekan volume dan perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) dengan menggunakan AHSP Cipta Karya 2022. Dari hasil perancangan yang telah dilakukan permodelan struktur 3D pada Gedung Kuliah Terpadu III diperoleh hasil perhitungan volume yaitu volume beton 1059,74 m<sup>3</sup>, volume besi 136897,4 kg, dan volume bekisting 4784,040 m<sup>2</sup>. Dari hasil volume, RAB untuk pekerjaan struktur Gedung Kuliah Terpadu III (GKT III) sebesar Rp. 6.013.976.000.

#### **2.1.4 Optimasi Waktu dan Biaya Pelaksanaan Proyek Jalan dengan Metode *Crash Program* (Studi Kasus: Pemeliharaan Jalan Kecamatan Tenggarong Seberang dan Tenggarong)**

Salasa, dkk (2023), melaksanakan penelitian ini bertujuan mereduksi durasi suatu pekerjaan yang akan berpengaruh terhadap waktu penyelesaian proyek pada pemeliharaan jalan Kecamatan Tenggarong Seberang dan Tenggarong, menggunakan alternatif penambahan jam kerja (lembur) dan alternatif penambahan tenaga kerja pada pelaksanaan proyek pemeliharaan Jalan dalam Kota Tenggarong. Dari hasil pada penelitian ini diperoleh penambahan jam kerja sebanyak 3 jam yang mengakibatkan durasi akselerasi menjadi 67 hari atau 25,56% lebih cepat dibandingkan durasi normal 90 hari dengan total biaya percepatan sebesar Rp 1.213.717.588,81 atau lebih rendah 0,213% dari total biaya normal sebesar Rp 1.216.303.515,90.

#### **2.2 Keaslian Penelitian**

Berdasarkan ulasan terhadap penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, maka diketahui terdapat perbedaan antara penelitian sebelumnya dengan penelitian yang dilakukan saat ini. Adapun perbedaan tersebut sebagaimana ditampilkan pada Tabel 2.1 berikut ini.

**Tabel 2.1 Perbandingan Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang**

<b>Peneliti</b>	<b>Bambang Dwi Mulyanto (2023)</b>	<b>Khatimi dan Pardosi (2022)</b>	<b>Enda dan Destriyana (2022)</b>	<b>Salasa, dkk (2023)</b>	<b>Penelitian Ini</b>
Judul Penelitian	Analisis Percepatan Pelaksanaan Proyek dengan Metode <i>Crashing</i> pada Proyek Jembatan Mlaten Kedungpedaringan Kepanjen Kabupaten Malang	Implementasi <i>Building Information Modeling</i> 4D (Studi Kasus: Proyek Lanjutan Pembangunan Gedung Kantor Sekretariat Daerah Kabupaten Tapin)	Penerapan Metode <i>Building Information Modeling</i> (BIM) Pada Pekerjaan Struktural Gedung Kuliah Terpadu III (GKT III) Politeknik Negeri Bengkalis	Optimasi Waktu dan Biaya Pelaksanaan Proyek Jalan dengan Metode <i>Crash</i> Program (Studi Kasus: Pemeliharaan Jalan Kecamatan Tenggarong Seberang dan Tenggarong)	Komparasi Waktu Dan Biaya Konstruksi Melalui <i>Redesign Panel Half Depth Slab</i> Dengan Implementasi BIM Pada Pembangunan Infrastruktur Akses Jalan Jetty KIT Batang

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang

Peneliti	Bambang Dwi Mulyanto (2023)	Khatimi dan Pardosi (2022)	Enda dan Destriyana (2022)	Salasa, dkk (2023)	Penelitian Ini
Tujuan Penelitian	1. Menganalisis durasi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan Proyek setelah dilakukan <i>Crashing</i> pada Proyek Jembatan Mlaten Kedungpedaringan Kepanjen Kabupaten Malang dengan metode <i>Crashing</i>	1. Mengetahui penggunaan BIM terhadap penjadwalan yang didapatkan dari kontraktor.	1. Dapat memodelkan Gedung kuliah terpadu III (GKT III) Politeknik Negeri Bengkalis dengan menggunakan metode BIM menggunakan <i>software revit structures 2020</i> .	1. Mereduksi durasi suatu pekerjaan yang akan berpengaruh terhadap waktu penyelesaian proyek dengan menggunakan alternatif penambahan tenaga kerja pada pelaksanaan proyek	1. Menganalisis perbandingan desain rencana half slab dengan redesain half slab menggunakan metode Building Information Modeling (BIM) 4D dan 5D pada proyek pembangunan infrastruktur akses jalan jetty KIT Batang.

**Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang**

<b>Peneliti</b>	<b>Bambang Dwi Mulyanto (2023)</b>	<b>Khatimi dan Pardosi (2022)</b>	<b>Enda dan Destriyana (2022)</b>	<b>Salasa, dkk (2023)</b>	<b>Penelitian Ini</b>
Tujuan Penelitian	2. Menganalisis selisih biaya sebelum dan sesudah dilakukan <i>crashing</i> pada Proyek Jembatan Mlaten Kedungpedaringan Kepanjen Kabupaten Malang.		2. Untuk mengetahui perhitungan volume hasil <i>quantity take off</i> menggunakan konsep BIM.	Pemeliharaan jalan dalam Kota Tenggarong	2. Menganalisis durasi yang optimal dari hasil perbandingan desain rencana half slab dengan redesain half slab pada proyek pembangunan infrastruktur akses jalan jetty KIT Batang.  3. Menganalisis besarnya biaya dari hasil perbandingan desain rencana half slab dengan redesain half slab pada proyek pembangunan infrastruktur akses jalan jetty KIT Batang.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang

Peneliti	Bambang Dwi Mulyanto (2023)	Khatimi dan Pardosi (2022)	Enda dan Destriyana (2022)	Salasa, dkk (2023)	Penelitian Ini
Metode	Menggunakan metode <i>crashing</i> untuk mempercepat durasi proyek.	Mengolah pemodelan 3D menggunakan <i>tekla structures</i> berdasarkan acuan gambar rencana serta menggunakan <i>environment</i> Asia Tenggara dan penjadwalan (4D) melalui <i>tekla task manager</i> yang dibandingkan dengan penjadwalan manual dari proyek.	Menggunakan metodologi pengumpulan data dan analisa data.	Analisis menggunakan <i>software microsoft project</i> 2019, penentuan <i>critical path</i> , metode <i>crash program</i> , analisis <i>alternative</i> penambahan waktu kerja 1 jam, 2 jam, dan 3 jam.	Menggunakan metodologi pengumpulan data dan analisa data.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang

Peneliti	Bambang Dwi Mulyanto (2023)	Khatimi dan Pardosi (2022)	Enda dan Destriyana (2022)	Salasa, dkk (2023)	Penelitian Ini
Hasil	Penambahan jam kerja sebanyak 3 jam yang mengakibatkan durasi akselerasi menjadi 67 hari atau 25,56% lebih cepat dibandingkan durasi normal 90 hari dengan total biaya percepatan sebesar Rp 1.213.717.588,81 atau lebih rendah 0,213% dari total biaya normal sebesar Rp 1.216.303.515,90.	Penggunaan <i>tekla structures</i> dapat diterapkan dalam membuat penjadwalan pada proyek lanjutan pembangunan Gedung Kantor Sekretariat Daerah Kabupaten Tapin.	1. Penggambaran model Gedung di revit 2. Hasil penulangan elemen structural 3. Hasil analisa <i>quantity take off</i> untuk mengetahui perhitungan volume hasil <i>quantity take off</i> menggunakan konsep BIM	Diperoleh cara yang tepat untuk mempercepat durasi proyek, proyek <i>crashing</i> itu sendiri merupakan proses mereduksi atau mengurangi durasi suatu pekerjaan yang akan berpengaruh terhadap waktu penyelesaian proyek.	-

Setelah memilih beberapa penelitian terdahulu yang akan dijadikan referensi dalam Tesis ini. Dapat dilihat bahwa penelitian yang dilakukan pada Tesis Ini berbeda dari penelitian-penelitian terdahulu. Objek dan lokasi yang diteliti berbeda dari objek dan lokasi penelitian sebelumnya. Dalam penelitian ini diambil lokasi penelitian pada Pembangunan Infrastruktur Akses Jalan Jetty KIT Batang yang belum pernah diteliti pada penelitian-penelitian yang terdahulu. Untuk metode yang digunakan yaitu menggunakan metodologi pengumpulan data dan analisa data, jadi dapat disimpulkan bahwa penelitian yang dilakukan merupakan karya asli yang berbeda dengan penelitian-penelitian terdahulu.

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 *Building Information Modelling***

Menurut *National Institute of Building Science* (NIBS), BIM merupakan representasi atau gambaran berbentuk digital dari seluruh karakteristik fisik dan fungsional dari sebuah bangunan dan berkaitan dengan informasi proyek/siklus, dimana BIM akan menjadi sumber informasi bagi pemilik/pengguna dalam menggunakan dan memelihara selama melewati siklus dari gedung tersebut (Jiang, 2011).

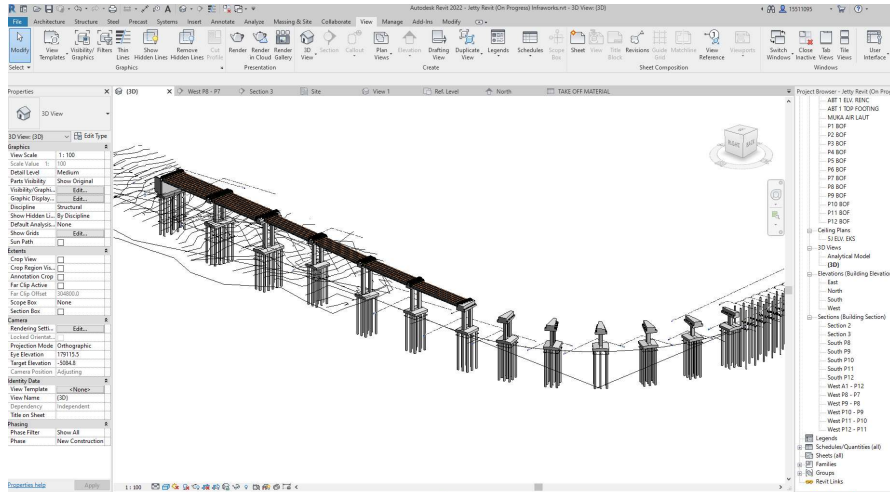
BIM dibagi menjadi beberapa tingkatan, yaitu 2D gambar yang terdiri dari sumbu X dan Y, 3D gambar yang terdiri dari sumbu X, Y dan Z, 4D tambahan mengenai penjadwalan, 5D ada tambahan mengenai anggaran biaya, 6D ada tambahan informasi energi, 7D ada tambahan tentang pemeliharaan atau pengoperasian selama siklus hidup bangunan, dan 8D terdapat tambahan informasi pencegahan kecelakaan kerja (Singh, 2020).

BIM lahir dari kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi digital yang dapat digunakan dan diberdayakan oleh beberapa pihak konstruksi untuk mengurangi kesalahan desain, mengurangi deteksi bentrok/*clash detection*, meningkatkan integrasi biaya dan waktu, meningkatkan integrasi tahap desain dan konstruksi, meningkatkan kolaborasi antara berbagai disiplin ilmu, meningkatkan daur ulang serta meminimalisir penggunaan sumber daya manusia (Apriyani, 2019).

#### **3.2 BIM 3D**

BIM 3D dapat dikatakan sebagai pemodelan 3 dimensi yang terpacu dari sumbu x, y dan z dan disebut juga sebagai permodelan yang terkoordinasi. Model 3d yang dihasilkan dapat digunakan untuk desain skematik, dokumentasi konstruksi

dan visualisasi objek yang membantu untuk memeriksa kesalahan pada gambar (Piranusa, 2022).

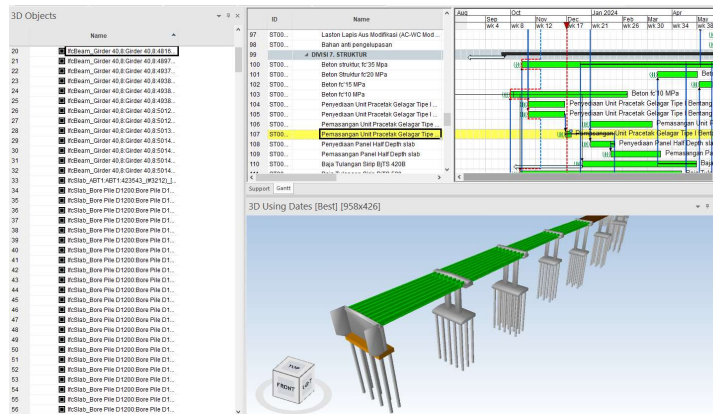


**Gambar 3.1 Visual Implementasi BIM 3D**

(sumber: penulis)

### 3.3 BIM 4D

BIM 4D adalah kombinasi antara model 3D dengan penjadwalan guna menggambarkan serta menyimulasikan proses tahapan pada suatu proyek konstruksi. Model 4D memungkinkan bagi perancang untuk melakukan komunikasi berbentuk visual serta merancang kegiatan dalam kondisi ruang dan waktu (Piranusa, 2022).



**Gambar 3.2 Visual Implementasi BIM 4D**

(sumber: penulis)



waktu penyelesaian sampai bertahun-tahun maka dibutuhkan proses perencanaan, pelaksanaan dan *controlling* yang sangat teliti dan matang agar bisa mendapatkan hasil yang optimal. Jika proses tersebut tidak dilakukan dengan benar maka akibatnya bisa saja proyek tersebut mengalami defisit atau kekurangan biaya bahkan bisa membuat proyek tersebut berhenti ditengah jalan.

b. Waktu/Jadwal (*Time*)

Proyek harus dikerjakan sesuai dengan kurun waktu yang telah ditentukan dan tanggal akhir penyerahan berkas proyek tidak boleh melewati batas waktu yang telah ditentukan.

c. Mutu

Produk atau hasil dari proyek harus memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan. Memenuhi persyaratan mutu berarti mampu memenuhi tugas yang telah dimaksudkan.

Dari segi teknis ukuran keberhasilan proyek yaitu diukur dari ketiga sasaran tersebut dapat dipenuhi. Untuk itu harus ada pengaturan yang baik untuk memadukan ketiganya sesuai dengan yang diinginkan, yaitu dengan manajemen proyek, manajemen proyek meliputi tiga (3) fase (Haizer dan Render, 2005), yaitu :

- a. Perencanaan : fase ini meliputi penetapan sasaran, mendefinisikan proyek dan organisasi tim-nya.
- b. Penjadwalan : fase ini menghubungkan sumber daya manusia, uang dan material untuk kegiatan khusus untuk menghubungkan masing-masing kegiatan satu dengan yang lainnya.
- c. Pengendalian : perusahaan mengawasi sumber daya, biaya, kualitas dan anggaran. Perusahaan juga merevisi atau mengubah rencana dan menggeser atau mengelola kembali sumber daya agar dapat memenuhi kebutuhan waktu dan biaya.

### 3.6 Alternatif Percepatan

Alternatif percepatan di dalam pelaksanaan pembangunan proyek sering dilakukan. Dimiyati,H (2014) menjelaskan ada dua alasan kenapa percepatan di dalam pembangunan proyekkonstruksi dilakukan. Pertama karena keinginan dari pihak owner agar proyek dapat diselesaikansebelum batas akhir waktu penyelesaian proyek. Kedua karena di dalam pelaksanaan proyekmengalami keterlambatan waktu atau progres maka percepatan harus dilakukan. Ada beberapa alternatif optimalisasi waktu dan biaya penyelesaian proyek (percepatan) yang dapat dilakukan (Priyo & Aulia, 2015) seperti :

a. Alternatif percepatan dengan penambahan tenaga kerja

Untuk menganalisis hubungan antar abiaya dengan waktu suatu kegiatan dipakai beberapa istilah yaitu kurun waktu normal/normal duration, kurun waktu yang dipersingkat/*crash duration*, biaya normal/normal *cost* dan biaya untuk waktu dipersingkat/*crash cost*. Untuk menentukan jumlah tenaga kerja (*resource*) yang akan ditambahkan dibutuhkan nilai produktivitas tenaga kerja pada pekerjaan yang akan dilakukan percepatan (*crashing*).

1) Perhitungan biaya normal (*normal cost*)

a) Menghitung koefisien bahan

$$\text{Koefisien bahan} = \frac{\text{biaya bahan}}{\text{biaya bahan}}$$

b) Menghitung total normal *cost* bahan

$$\text{Total normal cost} = \text{koef. bahan} \times \text{normal cost} \times \text{vol. pekerjaan}$$

c) Menghitung koefisien upah

$$\text{Koefisien upah} = \frac{\text{biaya upah}}{\text{biaya bahan dan upah}}$$

d) Menghitung total normal cost upah

$$\text{Total normal cost} = \text{koef. upah} \times \text{normal cost} \times \text{vol. pekerjaan}$$

2) Analisis produktivitas tenaga kerja

a) Menentukan kapasitas kerja per hari

$$\text{Kapasitas kerja} = \frac{1}{\text{koefisien tenaga kerja}}$$

b) Menentukan jumlah indeks tenaga kerja/hari

$$\text{Jumlah indeks tenaga kerja} = \frac{\text{volume pekerjaan}}{\text{kapasitas kerja} \times \text{durasi kerja}}$$

c) Menghitung *cost* normal

$$\text{Harga upah} = \text{jumlah tenaga kerja} \times \text{harga satuan tenaga kerja}$$

$$\text{Cost normal} = \text{jumlah harga upah} \times \text{durasi normal}$$

3) Perhitungan biaya dan durasi percepatan

a) Menentukan durasi *crashing*

$$\text{Durasi pekerjaan crashing} = \frac{\text{volume pekerjaan}}{\text{kap. kerja} \times \text{jumlah tenaga kerja}}$$

b) Menentukan biaya tambahan dan upah tenaga kerja

$$\text{Pekerja} = \frac{\text{upah normal}}{\text{hari}} \times \text{tenaga kerja setelah ditambah}$$

$$\text{Cost crash} = \text{jumlah upah} \times \text{durasi crash}$$

$$\text{Cost slope/hari} = \frac{\text{crash cost} - \text{normal cost}}{\text{normal duration} - \text{crash duration}}$$

$$\text{Cost slope total} = \text{cost slope/hari} \times (\text{durasi normal} - \text{durasi crash})$$

b. Alternatif percepatan dengan penambahan jam kerja (lembur)

Jika jam per hari bertambah, maka pekerja terindikasi penurunan produktivitas dan perlu diketahui nilai penurunan produktivitasnya.

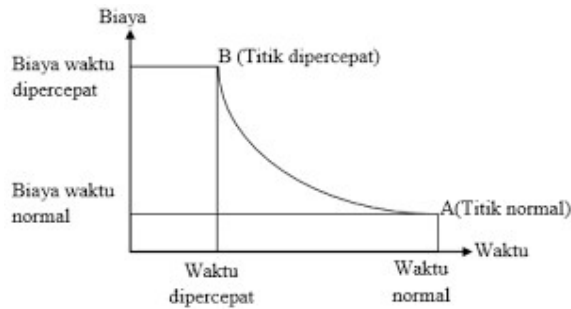
1) Perhitungan penurunan produktivitas

$$a) \text{ Produktivitas harian} = \frac{\text{volume}}{\text{durasi normal}}$$

$$b) \text{ Produktivitas per jam} = \frac{\text{produktivitas hari}}{\text{jam kerja normal}}$$

### 3.7 Mempersingkat Waktu Penyelesaian Proyek (Akselerasi/*Crashing*)

*Crashing* merupakan tindakan untuk mengurangi durasi keseluruhan pekerjaan setelah menganalisa alternatif - alternatif yang ada dari jaringan kerja, bertujuan untuk mengoptimalkan waktu kerja dengan biaya terendah (Taufiqur Rahman, 2013:1) dikutip oleh (Fika Giri, 2017). Seringkali dalam *crashing* terjadi *trade-off* yaitu pertukaran waktu dengan biaya. Hal ini dapat digambarkan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 3.5 berikut.



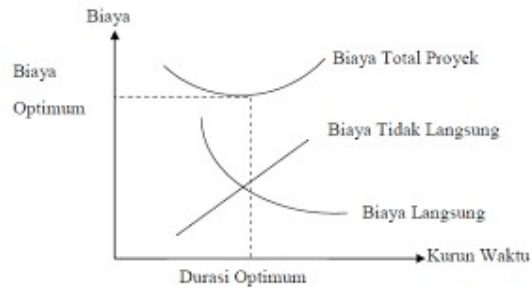
**Gambar 3.4 Grafik Hubungan Waktu-Biaya Normal Dan Dipersingkat Untuk Satu Kegiatan**

(sumber: Soeharto, 1995)

Gambar 3.5 menunjukkan hubungan antara durasi-biaya, pada titik A memberikan informasi tentang biaya yang dibutuhkan dalam kondisi minimum, tetapi durasinya maksimum (waktu paling lambat) dan waktu normal (*normal duration*). Pada titik B memberikan informasi bahwa pada titik tersebut durasi berada pada waktu paling cepat sedangkan biaya yang dibutuhkan pada kondisi maksimum. Pada keadaan demikian titik B disebut waktu dipersingkat (*crash duration*) dan biaya waktu dipersingkat (*crash cost*). Garis penghubung antara titik-titik ini dihubungkan oleh garis-garis dan dalam keadaan normal berupa kurva biaya dari suatu kegiatan yang dihubungkan oleh segmen-segmen garis yang dapat berfungsi untuk menganalisis kegiatan apa yang masih layak untuk diadakan crashing. Cara yang digunakan adalah meninjau *slope* (kemiringan) dari masing-masing segmen garis yang dapat memberikan identifikasi mengenai pengaruh biaya terhadap pengurangan waktu penyelesaian suatu proyek.

### 3.8 Hubungan Antara Biaya dan Waktu

Biaya total proyek adalah penjumlahan dari biaya langsung dan biaya tak langsung yang digunakan selama pelaksanaan proyek. Besarnya biaya ini sangat tergantung oleh lamanya waktu (durasi) penyelesaian proyek, kedua-duanya berubah sesuai dengan waktu dan kemajuan proyek. Meskipun tidak dapat diperhitungkan dengan rumus tertentu, tapi pada umumnya makin lama proyek berjalan makin tinggi komulatif biaya tak langsung yang diperlukan (Soeharto, 1995). Hal ini dapat digambarkan dalam bentuk seperti pada Gambar 3.6 berikut.



**Gambar 3.5 Grafik Hubungan Waktu Dengan Biaya Total, Biaya Langsung dan Biaya Tidak Langsung**

(sumber: Soeharto, 1995)

Berdasarkan Gambar 3.6 ditunjukkan hubungan biaya langsung, biaya tak langsung dan biaya total terlihat bahwa biaya optimal didapatkan dengan mencari total biaya proyek yang terkecil. Hubungan semacam ini disebabkan karena setiap percepatan durasi proyek membutuhkan tambahan biaya langsung yang digunakan untuk menambah tingkat produktivitas kerja, menambah peralatan, mengganti metode kerja dan lain-lain. Disisi lain terjadi pengurangan biaya tidak langsung yang disebabkan oleh pengurangan durasi total proyek. Antara waktu penyelesaian proyek normal dan dipercepat mengakibatkan perubahan terhadap biaya total proyek.

### 3.9 Analisis Pertukaran Waktu Dan Biaya (*Time Cost Trade Off Analysis*)

*Time cost trade off analysis* (TCTO) adalah metode analisis yang digunakan untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek dengan cara kompresi jadwal untuk mendapatkan proyek yang lebih menguntungkan dari segi waktu (durasi) dan biaya (Florensia, 2016). Tujuannya adalah memapatkan proyek dengan durasi yang dapat diterima dan meminimalisasi biaya total proyek. Pengurangan durasi proyek dilakukan dengan memilih aktivitas yang berada pada jalur kritis.

Menurut Ervianto (2004) pengertian *time cost trade off analysis* adalah suatu proses yang di sengaja, sistematis dan analitis dengan cara melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis. Selanjutnya melakukan kompresi dimulai dari lintasan kritis yang mempunyai nilai *cost slope* terendah. Kompresi terus dilakukan sampai lintasan kritis mempunyai aktivitas-aktivitas yang telah jenuh seluruhnya.

### 3.10 Rencana Anggaran Biaya

Menurut Anik. R (2020) rencana anggaran biaya (RAB) adalah perhitungan perkiraan biaya yang dibutuhkan untuk mendirikan sebuah konstruksi bangunan. Perhitungan ini meliputi perhitungan biaya upah, tenaga, biaya pembelian bahan bangunan dan biaya untuk sewa maupun pembelian peralatan yang diperlukan untuk mendirikan bangunan.

Perkiraan biaya atau yang dapat disebut dengan perhitungan anggaran biaya kasar merupakan metode awal untuk mendapatkan rincian anggaran biaya yang lebih mendetail/teliti. Dalam perhitungan anggaran teliti tentu sudah terdapat perhitungan volume pekerjaan, harga dari berbagai macam bahan dan upah pekerjaan yang terjadi pada suatu proyek pada suatu periode waktu tertentu. Rumusan tersebut dapat disimpulkan sebagai berikut.

$$RAB = Volume \times Harga \times Satuan Pekerjaan$$

Ada beberapa macam rencana anggaran biaya menurut Anik. R (2020), menyusun RAB dapat dilakukan dengan dua cara yaitu :

a. Perhitungan Anggaran Biaya Kasar (Taksiran)

Perkiraan harga per meter persegi biasanya diambil dari pedoman harga yang setiap tahunnya dikeluarkan oleh pemerintah daerah setempat. Masing-masing daerah memiliki besaran harga berbeda antara satu wilayah dengan wilayah lain. Rencana anggaran biaya yang perhitungannya hanya didasarkan pada luas bangunan dikalikan harga per m<sup>2</sup> nya. Rencana anggaran biaya kasar dipergunakan untuk mengetahui anggaran biaya proyek secara cepat.

b. Rencana Anggaran Biaya Teliti

Rencana anggaran biaya teliti dihitung secara teliti dan cermat dengan menghitung harga satuan dari masing-masing pekerjaan konstruksi. Berdasarkan volume tiap jenis pekerjaan dikalikan harga satuan jenis pekerjaan yang ada pada proyek, sehingga diperoleh rencana anggaran biaya total untuk seluruh proyek. Dengan cara menghitung volume dan harga dari

seluruh pekerjaan yang harus dilaksanakan, pekerjaan dapat diselesaikan secara tepat waktu dan memuaskan. Rencana anggaran biaya terperinci dibagi menjadi dua, yaitu :

- 1) Metode harga satuan, dimana seluruh harga satuan dan volume tiap jenis-jenis pekerjaan dihitung.
- 2) Metode harga seluruhnya, dimana volume dari bahan yang dipakai dihitung beserta tenaga kerjanya, kemudian dikalikan dengan harga masing-masing lalu dijumlahkan seluruhnya.

Dalam Menyusun rencana anggaran biaya dapat juga berdasarkan jenis modal yang dikelompokkan menjadi dua yaitu modal tetap dan modal modal kerja. Perkiraan harga proyek konstruksi juga memiliki komponen biaya yang terdiri dari biaya langsung dan biaya tidak langsung. Menurut Ferdinand dan Hendi (2023), biaya langsung dan tidak langsung adalah sebagai berikut:

a. Biaya Langsung

Biaya langsung adalah biaya yang meliputi kegiatan yang langsung berhubungan dalam proyek tersebut, contohnya adalah biaya pekerja, biaya peralatan, biaya material.

b. Biaya Tidak Langsung

Biaya tidak langsung adalah biaya yang tidak berhubungan langsung terhadap proyek diantaranya adalah biaya *overhead* dan biaya tak terduga. Biaya *overhead* dapat dibagi menjadi dua yaitu biaya umum dan biaya proyek. Sebagai contoh biaya overhead adalah gaji karyawan, sewa kantor, biaya dokumentasi perijinan dll.

### 3.11 *Time Schedule* Proyek

*Time schedule* adalah rencana waktu yang telah diterapkan dalam pelaksanaan pekerjaan proyek, meliputi semua item pekerjaan yang ada. *Time schedule* ini menerangkan kapan waktu diulai pekerjaan, lama waktu pekerjaan atau durasi dan waktu selesai pekerjaan yang meliputi pekerjaan pembuatan rumah, Gedung, kantor, jalan raya, jembatan, dan semua konstruksi bangunan sipil lainnya. *Time schedule* biasanya dibuat dalam bentuk bar chart dan network planning. Saat

ini bentuk *bar chart* sangat sering digunakan dalam penyajian data *time schedule* karena bentuk ini memudahkan kita dalam kegiatan selanjutnya yaitu pembuatan kurva S. (M Taqwa Sitompul, 2018). Tujuan dari pembuatan *time schedule* ini adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan urutan pekerjaan, agar sesuai dengan kebutuhan dan kemampuan yang ada, sehingga pelaksanaan dapat berjalan dengan lancar dan tercapai dengan efisien dan mutu pekerjaan yang memenuhi persyaratan teknis.
- b. Mendeteksi terjadinya keterlambatan pelaksanaan pekerjaan, bila terjadi keterlambatan dapat dicegah sedini mungkin atau diambil kebijakan lain, sehingga tidak terlalu mengganggu kelancaran pekerjaan lain.
- c. Memperkirakan jumlah sumber daya (material, manusia, peralatan, dan lain-lain) yang harus disediakan pada waktu tertentu.
- d. Memperkirakan jumlah sumber daya (material, manusia, peralatan, dan lain-lain) yang harus disediakan pada waktu tertentu.
- e. Referensi bagi pemilik, konsultan pengawas dan kontraktor untuk mengontrol kemajuan pekerjaan proyek.
- f. Pedoman bagi konsultan pengawas dan kontraktor untuk mengevaluasi pekerjaan yang telah diselesaikan.

### **3.12 Network Planning**

*Network planning* pada prinsipnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan (variabel) yang digambarkan/divisualisasikan kedalam bentuk diagram *network* (Badri, 1997). Jaringan kerja atau *network planning* adalah salah satu metode yang dapat digunakan sebagai dasar dalam penentuan urutan dan kurun waktu kegiatan proyek serta dapat dipakai untuk memperkirakan waktu penyelesaian suatu proyek secara menyeluruh, sehingga mempermudah untuk menentukan pengerjaan kegiatan yang harus didahulukan karena tidak boleh ditunda dan pekerjaan mana yang pekerjaannya boleh ditunda, dengan demikian mendapat kejelasan akan tahap pelaksanaan pekerjaan proyek (Yana, 2009). *Network planning* merupakan sebuah gambaran dalam kegiatan dan kejadian yang

diharapkan dapat terjadi dengan kaitan yang logis dan berhubungan antara sebuah kejadian atau kegiatan dengan yang lainnya (Anggraeni dkk., 2017)

Jaringan kerja adalah suatu alat atau panduan yang digunakan untuk merencanakan, menjadwalkan, dan mengawasi kemajuan dari suatu proyek (Bangun dkk, 2016). Jaringan kerja menggambarkan beberapa hal seperti berikut:

- a. Kegiatan – kegiatan proyek yang harus dilaksanakan.
- b. Urutan kegiatan yang harus logis.
- c. Ketergantungan antara kegiatan.
- d. Waktu kegiatan melalui kegiatan kritis.

### 3.13 Jenis Teknik Penjadwalan

Menurut (*The American Institute of Architects*, 2014) terdapat 4 tipe dasar dari Teknik penjadwalan yang sering digunakan dalam proses penjadwalan proyek perancangan. Teknik penjadwalan tersebut adalah sebagai berikut.

- a. *Critical path method schedule (CPM)*

Model CPM dikembangkan pada tahun 1950 dan menggunakan aktivitas interdependen dengan analisis matematika terapan (*The American Institute of Architects*, 2014). Diagram jaringan CPM dipersiapkan untuk menunjukkan sekuensi dan berkaitan dengan aktivitas di *work breakdown structure* (WBS). Diagram dapat disiapkan dengan teknik penyusunan tradisional atau bisa disiapkan dengan menggunakan komputer (Oberlender, 2000).

- b. *Milestone charts*

Menurut (*The American Institute of Architects*, 2014) teknik penjadwalan dengan menggunakan *milestone chart* digunakan untuk proyek berdurasi pendek dengan tugas yang relatif sedikit untuk dilacak karena pada teknik ini tidak memberikan detail yang dibutuhkan untuk mengelola proyek.

- c. Bar charts, atau Gantt charts

Merupakan teknik penjadwalan yang paling sering digunakan. Teknik penjadwalan ini merupakan pengembangan dari *work breakdown*

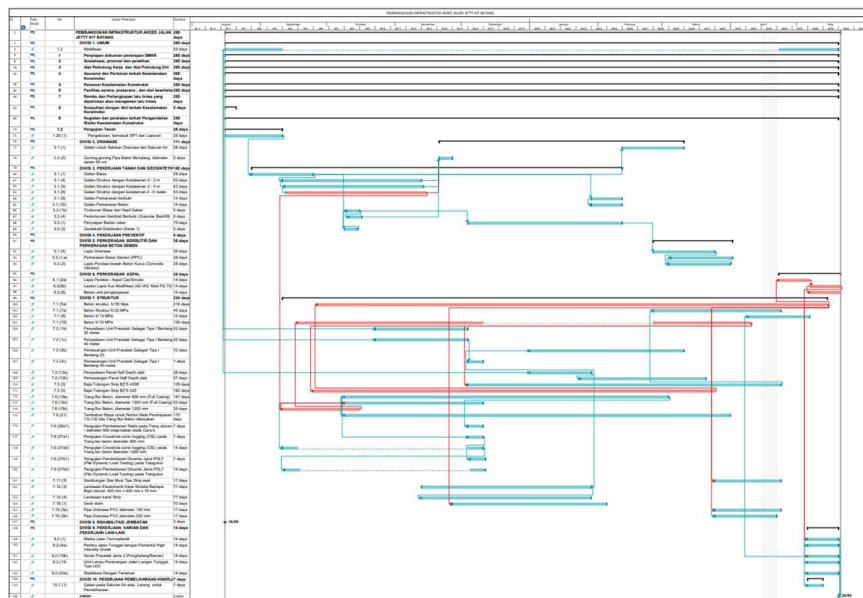
structure (WBS) dengan informasi berupa bar sebagai penanda waktu mulai dan akhir dari sebuah paket kerja.

d. *Wall schedule*

Panduan komprehensif untuk proses membuat rencana kerja proyek yang layak menawarkan solusi terhadap masalah 'keberlangsungan rencana' dengan panduan langkah demi langkah, panduan cara yang telah teruji dan visual yang unik.

### 3.14 *Microsoft Project*

*Microsoft project* adalah produk perangkat lunak manajemen proyek, dikembangkan oleh *Microsoft*. *Microsoft project* dirancang untuk membantu manajer proyek dalam mengembangkan jadwal, menetapkan sumber daya untuk tugas-tugas, melacak kemajuan, mengelola anggaran, dan menganalisis beban kerja (*Microsoft*, 2024)

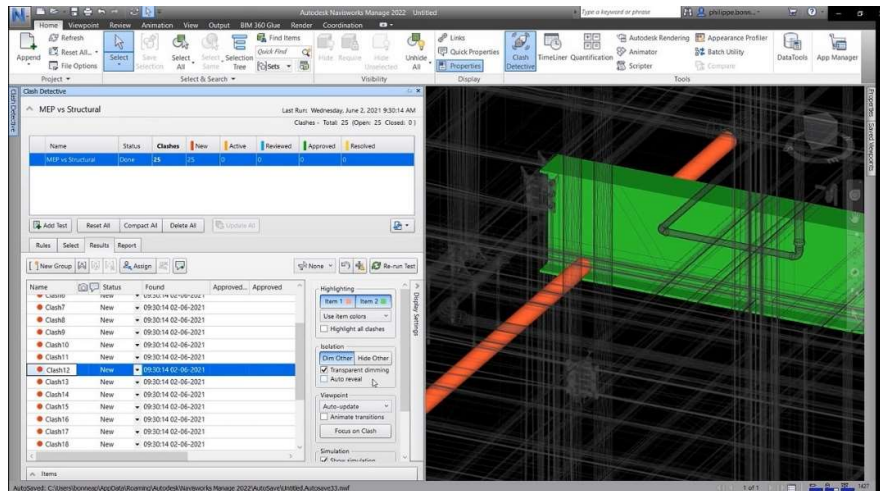


**Gambar 3.6** Visual *Microsoft Project*

(sumber: penulis)

### 3.15 Naviswork

*Naviswork* adalah alternatif BIM yang dibuat oleh *Autodesk*. *Tools* ini mampu mensimulasikan kegiatan konstruksi sesuai waktu. Tugas *naviswork* juga mampu memvisualisasikan proses konstruksi secara bertahap (*Autodesk*, 2021)

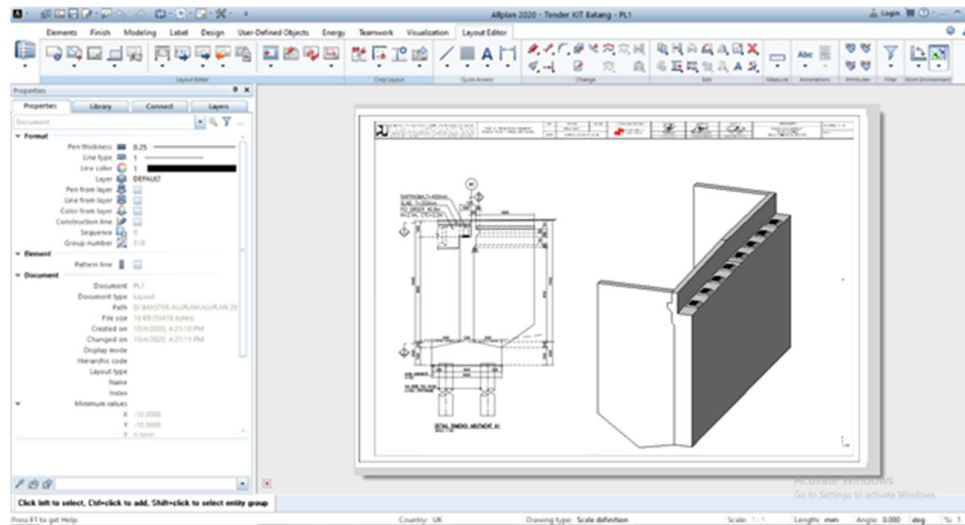


**Gambar 3.7 Visual Naviswork**

(sumber: penulis)

### 3.16 Allplan

Allplan adalah solusi pemodelan informasi bangunan akhir yang memberikan arsitek, rekayasa dan perusahaan konstruksi untuk mengendalikan penuh proyek-proyek mereka dan kemampuan untuk menghasilkan desain bangunan yang unik serta gambar konstruksi dengan kreativitas, kebebasan dan fleksibilitas. *Allplan* adalah solusi BIM yang sederhana namun kuat yang memungkinkan pengguna untuk menerapkan pendekatan yang berbeda ketika datang untuk menghasilkan desain dan gambar yang mencakup 2D dan pemodelan 3D berorientasi objek (*Nemetscheck Allplan Systems*, 2013).



**Gambar 3.8 Visual Allplan**

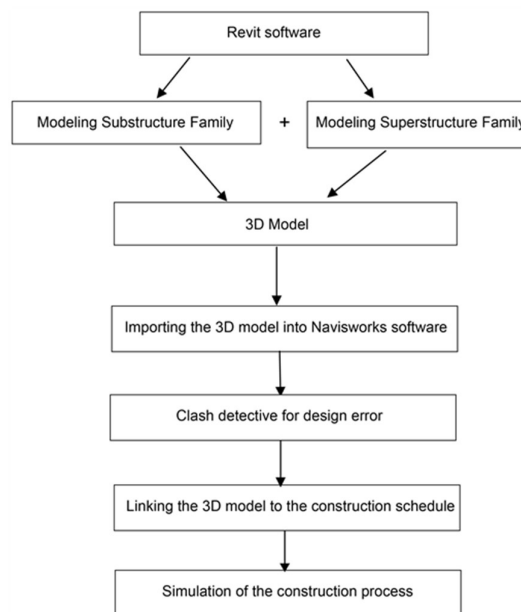
(sumber: penulis)

### 3.17 BIM Modeling

Alat pemodelan inti BIM paling populer di Tiongkok adalah Autodesk Revit, yang unggul dalam menciptakan struktur geometris yang rumit. Perangkat Lunak Revit 2020 digunakan untuk menghasilkan simulasi model 3D berdasarkan gambar 2D Jembatan (*Open Journal of Civil Engineering, China University of Geosciences, Vol.13 No.1, March 2023*).

Setelah model 3D dibuat dengan *Revit 2020*, model tersebut diekspor ke *Autodesk Navisworks* untuk membuat model 4D. Pertama, dengan menggunakan alat *Clash Detective* dalam model, konflik yang disebabkan oleh kesalahan desain yang mungkin memerlukan pengerjaan ulang selama tahap pelaksanaan proyek dapat diidentifikasi. Prosedur *Clash Detective* pada model BIM gabungan yang bercirikan pemborosan dalam sistem produksi dikenal dengan proses *Clash Detective* atau pemeriksaan interferensi. Ini adalah salah satu dari beberapa pemeriksaan kualitas yang dilakukan oleh tim desain sebelum produk dirilis. Prosedur *clash detective* memerlukan penemuan konflik dalam lingkungan BIM 3D, yang dicapai dengan menjalankan tes perbandingan berpasangan antara sekelompok objek atau disiplin ilmu. Oleh karena itu, jika konflik ini dapat

ditangani dalam tahap desain proyek, maka waktu yang hilang akibat pengerjaan ulang dapat diminimalkan. Kedua, *time liner* digunakan untuk menghubungkan model 3D jembatan dan jadwal untuk mendapatkan model 4D. Alat *time liner* 4D berguna untuk simulasi proyek selama fase implementasi. Kemajuan proyek dapat dilihat dan dikontraskan dengan kemajuan sebenarnya menggunakan *time liner* 4D. Jika ada jadwal yang terlampaui, keseluruhan proyek dapat dinilai, dan kontraktor dapat diinstruksikan mengenai hal tersebut (*Open Journal of Civil Engineering, China University of Geosciences, Vol.13 No.1, March 2023*).



**Gambar 3.9 Work flow steps of methodology**

(sumber: *Open Journal of Civil Engineering, China University of Geosciences, Vol.13 No.1, March 2023*)

### 3.18 Pengaruh Validasi Desain Berbasis BIM

Dalam suatu proyek konstruksi, risiko dan ketidakpastian paling tinggi terjadi pada awal proyek. Mengenali risiko dan ketidakpastian pada tahap desain tidak berdampak signifikan terhadap biaya, sedangkan mengenalinya pada tahap konstruksi akan meningkatkan risiko secara signifikan. Penggunaan BIM pada tahap desain dapat meningkatkan proses secara keseluruhan. Akibatnya, penggunaan BIM di awal proyek dapat memberikan pengaruh signifikan terhadap

proyek dan meminimalkan biaya (*Department of Digital Architecture and Urban Engineering, Hanyang Cyber University, 2023*).

### **3.19 Half slab**

*Half slab* adalah merupakan elemen struktural beton bertulang yang biasanya digunakan untuk lantai atau dak atap beton. Selain itu, Slab beton terdiri dari lembaran beton yang datar dan tipis, yang diperkuat dengan tulangan baja untuk meningkatkan kekuatan dan ketahanannya (*Wika Pracetak Gedung, 2021*). Pada dasarnya tidak ada perbedaan signifikan antara beton precast dengan beton konvensional yang umum digunakan, perbedaannya hanya terletak pada proses produksinya, dimana beton precast diproduksi pada tempat yang berbeda dengan beton yang digunakan, sementara beton konvensional dicetak ditempat.



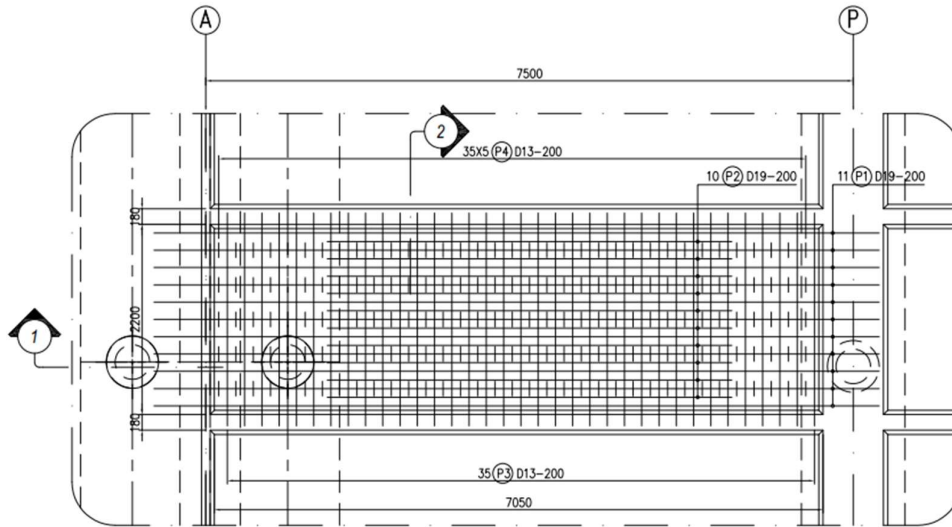
**Gambar 3.10 Half Slab Jembatan**

(sumber: Adhi Karya, 2023)

### **3.20 Half Slab Lapangan**

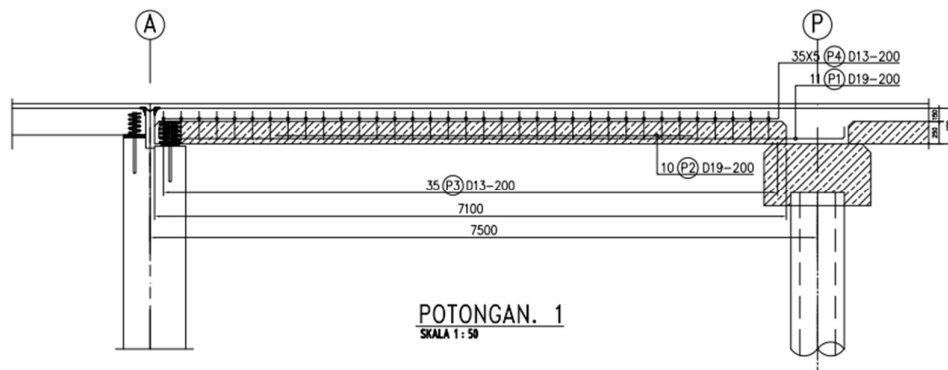
Half slab ini diproduksi secara precast di pabrik dan kemudian dipasang di lokasi konstruksi. Dalam implementasinya, half slab lapangan sering kali digunakan untuk membangun sistem lantai yang memiliki bentang panjang, sehingga mengurangi kebutuhan akan penyangga sementara selama proses konstruksi. Selain itu, sistem

ini juga mendukung efisiensi waktu dan tenaga kerja karena pemasangannya yang lebih cepat dibandingkan dengan sistem beton cor di tempat.



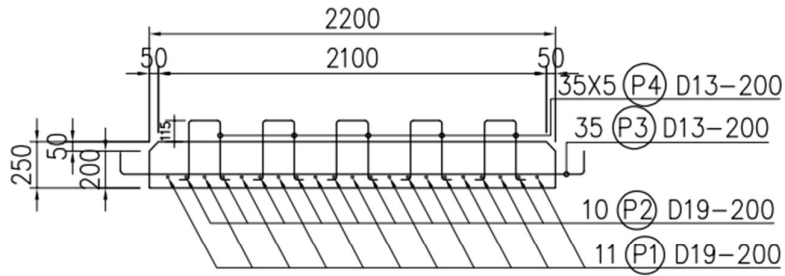
**Gambar 3.11 Detail Penulangan *Half Slab* Tebal 25 Cm**

(sumber: Perencanaan DED Infrastruktur Akses Jalan Jetty Kawasan Industri Terpadu Batang, 2023)



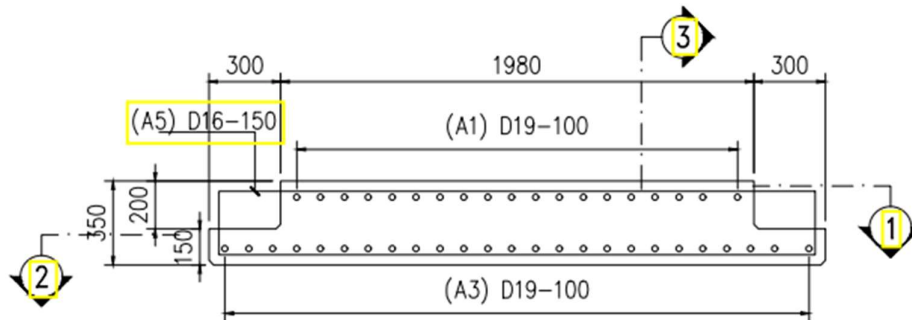
**Gambar 3.12 Detail Potongan 1 *Half Slab* Tebal 25 Cm**

(sumber: Perencanaan DED Infrastruktur Akses Jalan Jetty Kawasan Industri Terpadu Batang, 2023)

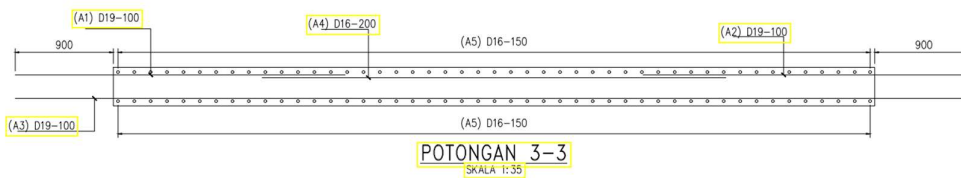


**POTONGAN. 2**  
SKALA 1 : 50

**Gambar 3.13 Detail Potongan 2 *Half Slab* Tebal 25 Cm**  
(sumber: Perencanaan DED Infrastruktur Akses Jalan Jetty Kawasan Industri Terpadu Batang, 2023)



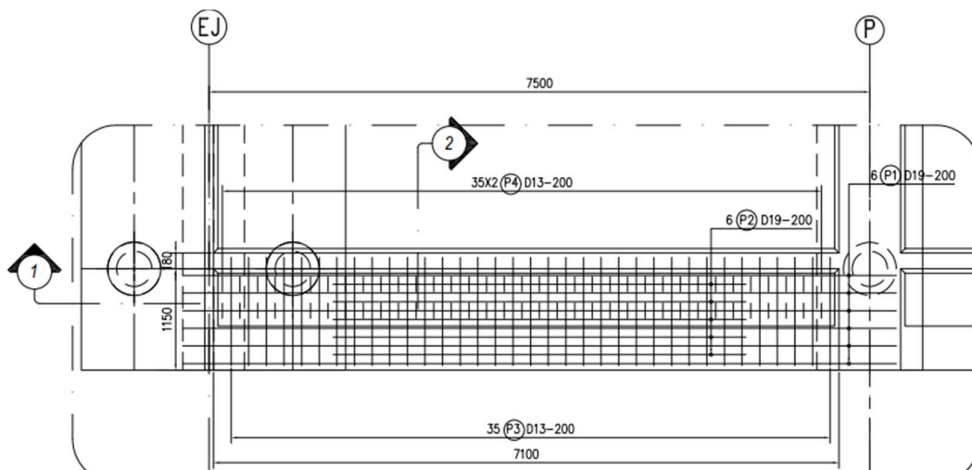
**Gambar 3.14 Detail Penulangan *Half Slab* Tebal 35 Cm**  
(sumber: Desain Jembatan Pandansimo, 2023)



**Gambar 3.15 Detail Potongan 3 *Half Slab* Tebal 35 Cm**  
(sumber: Desain Jembatan Pandansimo, 2023)

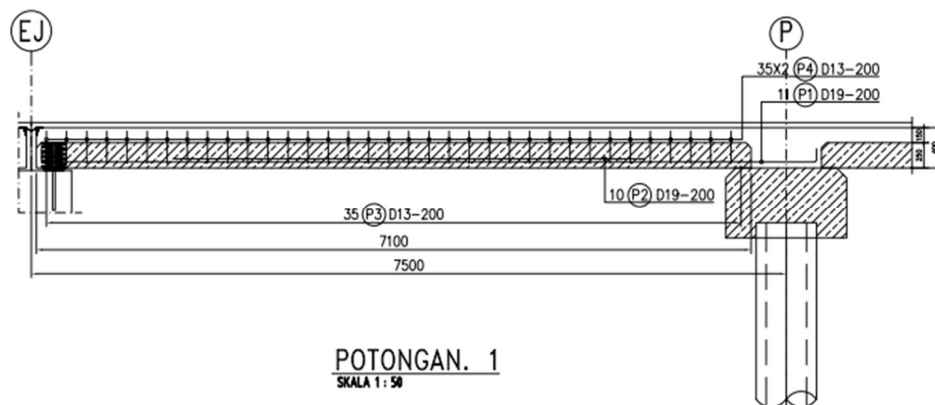
### 3.21 *Half Slab* Tumpuan

Penggunaan half slab tumpuan menekankan pada distribusi beban yang lebih efektif di sekitar area tumpuan. Selain itu, tulangan yang digunakan pada half slab tumpuan biasanya diperkuat untuk menahan gaya tekan yang lebih besar di area ini. Dengan tulangan yang lebih padat di sekitar tumpuan, kekuatan lentur dan geser dari struktur half slab akan lebih optimal, sehingga dapat menahan beban yang diteruskan dari lantai atas atau struktur lain di atasnya.



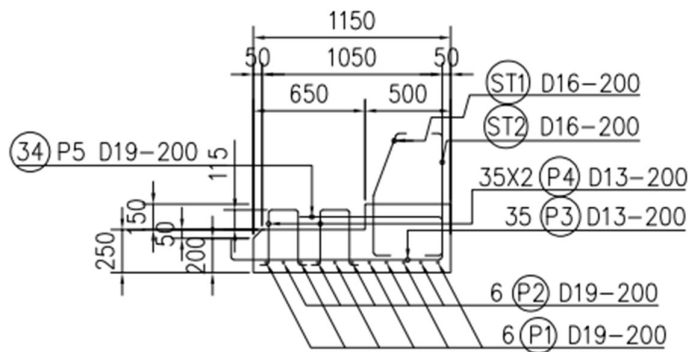
**Gambar 3.16 Detail Penulangan *Half Slab* Tebal 25 Cm**

(sumber: Perencanaan DED Infrastruktur Akses Jalan Jetty Kawasan Industri Terpadu Batang, 2023)



**Gambar 3.17 Detail Potongan 1 *Half Slab* Tebal 25 Cm**

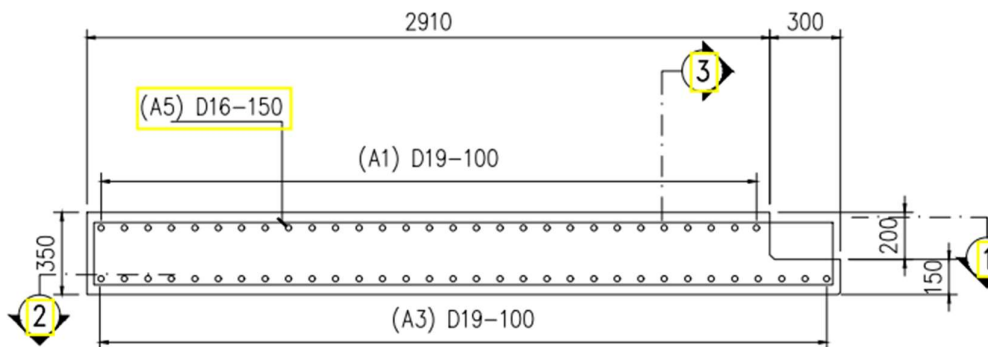
(sumber: Perencanaan DED Infrastruktur Akses Jalan Jetty Kawasan Industri Terpadu Batang, 2023)



**POTONGAN. 2**  
SKALA 1 : 50

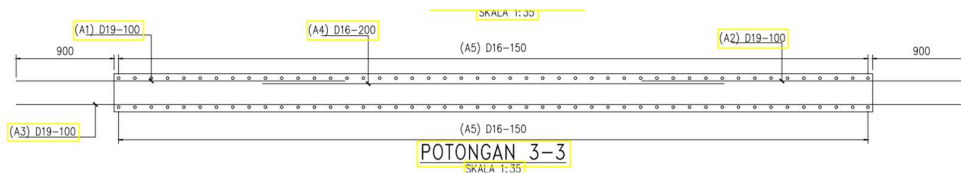
**Gambar 3.18 Detail Potongan 2 Half Slab Tebal 25 Cm**

(sumber: Perencanaan DED Infrastruktur Akses Jalan Jetty Kawasan Industri Terpadu Batang, 2023)



**Gambar 3.19 Detail Penulangan Half Slab Tebal 35 Cm**

(sumber: Desain Jembatan Pandansimo, 2023)



**Gambar 3.20 Detail Potongan 3 Half Slab Tebal 35 Cm**

(sumber: Desain Jembatan Pandansimo, 2023)

## **BAB IV**

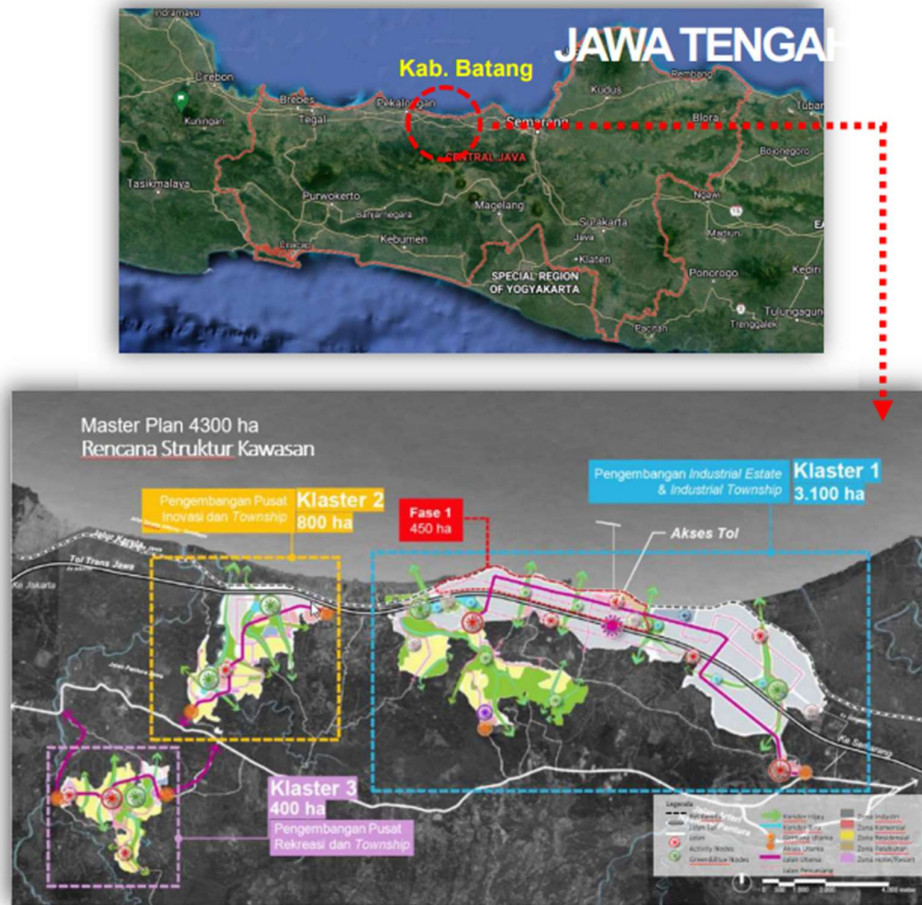
### **METODE PENELITIAN**

#### **4.1 Metode Penelitian**

Metode penelitian adalah salah satu metode atau rangkaian proses untuk mendapatkan hasil penelitian yang diinginkan. Metodologi merupakan cara menentukan dan memilih topik permasalahan untuk dijadikan sebagai penentuan judul penelitian itu sendiri (Muhidin Sirat, 2006: hlm. 12). Secara umum maka metodologi dapat dikatakan sebagai proses yang berisi tentang metode- metode ilmiah dengan penjelasan tahapan atau langkah hingga kepada batasan- batasan topik permasalahan itu sendiri.

#### **4.2 Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian di proyek Pembangunan Infrastruktur Akses Jalan Jetty KIT Batang terletak di Kab. Batang Provinsi Jawa Tengah. Denah lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1 di bawah ini.



**Gambar 4.1 Denah Lokasi Penelitian Peta Rencana Struktur Kawasan Industri Batang**

### 4.3 Objek Penelitian

Objek penelitian dapat dikatakan sebagai ruang lingkup yang telah diteliti, atau dapat juga dikatakan suatu variable penelitian yang telah dilakukan. Berdasarkan definisi diatas, maka objek dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Objek dalam penelitian ini adalah pekerjaan *half slab* pada jembatan dengan tipe sebagai berikut ini.
  - a. Tipe 1a dengan dimensi (7100 x 2200 x 250 mm).
  - b. Tipe 1c dengan dimensi (7100 x 1150 x 250 mm).
  - c. Tipe 2a dimensi (6800 x 2200 x 250 mm).

- d. Tipe 2c dimensi (6800 x 1150 x 250 mm).
2. Objek dalam penelitian ini dilakukan pada Kawasan Industri Terpadu Batang
3. Objek dalam penelitian ini dilakukan pada pekerjaan pengadaan *half slab* dan pemasangan *half slab*.

#### **4.4 Data dan Metode Pengumpulan Data**

Data adalah sesuatu yang belum mempunyai arti bagi penerimanya dan masih memerlukan adanya suatu pengolahan. Adapun sumber dan metode pengumpulan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Data primer

Data primer merupakan data yang saat itu juga didapatkan atau data langsung. Adapun data primer dalam penelitian ini adalah observasi lapangan yang digunakan untuk simulasi desain.

2. Data sekunder

Data Sekunder adalah data yang diperoleh dari sumber yang sudah ada dapat diambil dari penelitian sebelumnya maupun data lain yang sudah dalam proses pengolahan tidak berupa data mentahan. Pada penelitian ini, data sekunder yang didapatkan adalah sebagai berikut ini :

- a. Literatur terkait
- b. Data *Desain Engineering Detail* dari konsultan perencana
- c. Data teknis terkait metode pekerjaan *half slab* jembatan dari kontraktor
- d. Data *schedule* pekerjaan proyek dan item pekerjaan yang termasuk item pekerjaan jembatan dari kontraktor

#### **4.5 Tahapan Penelitian**

Tahapan penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut.

1. Studi literatur

Studi literatur dilakukan untuk memperdalam pengetahuan terkait objek yang akan diteliti sehingga pembahasan menjadi lebih mendalam dan lebih ilmiah.

2. Menentukan objek dan lokasi penelitian

Objek dan lokasi penelitian dilakukan pada Proyek Infrastruktur Akses Jalan Jetty. Objek yang diteliti adalah *half slab* sebagai berikut ini.

- a. Tipe 1a dengan dimensi (7100 x 2200 x 250 mm).
- b. Tipe 1c dengan dimensi (7100 x 1150 x 250 mm).
- c. Tipe 2a dimensi (6800 x 2200 x 250 mm).
- d. Tipe 2c dimensi (6800 x 1150 x 250 mm).

### 3. Pengumpulan data

Pengumpulan data primer dilakukan dengan cara peninjauan lapangan dan permintaan data teknis kepada pihak kontraktor. Pengumpulan data sekunder dilakukan dengan cara meminta data pada instansi yang terkait. Peninjauan lapangan dilakukan pada jam kerja dan disesuaikan dengan situasi dan kondisidi lapangan. Observasi dilakukan pada Juni 2024.

### 4. Analisis data

Pengolahan data dilakukan setelah didapatkan data tinjauan lapangan dan data teknis pekerjaan yang mana kemudian data diolah sebagai berikut :

- a. *Redesign half slab* menggunakan *software All Plan* untuk implementasi BIM 3D.
- b. Pengambilan data *quantity take off redesign half slab* menggunakan *software All Plan* untuk implementasi BIM 5D.
- c. Analisis biaya dan waktu hasil *redesign half slab* dari segi aspek metode kerja.
- d. Komparasi biaya dan waktu hasil *redesign half slab* dengan *design half slab* eksisting dari segi aspek metode kerja.
- e. Membuat *overview schedule* komparasi pekerjaan *half slab* dari segi redesain dan desain eksisting menggunakan *software ms. project* yang di input ke *naviswork* untuk implementasi BIM 4D.

### 5. Pembahasan penelitian

Pembahasan dilakukan setelah diperoleh hasil akhir dari sebuah proses analisis.

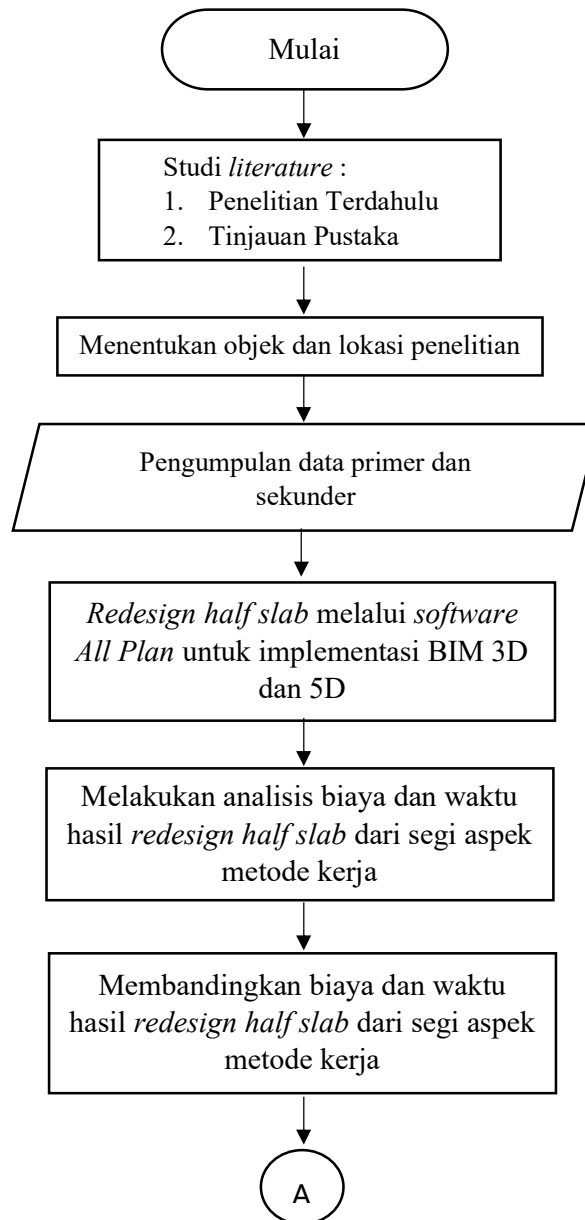
### 6. Kesimpulan dan saran

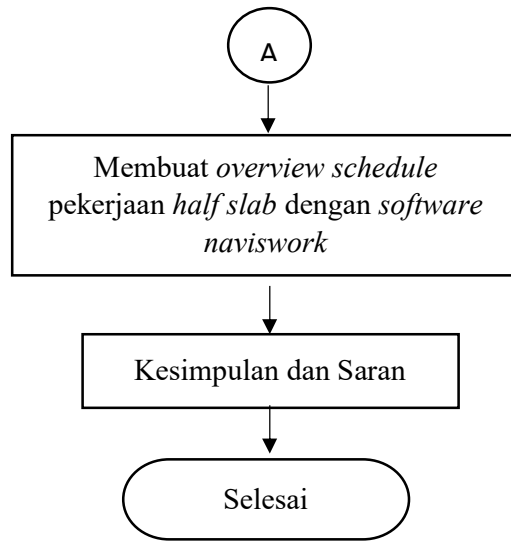
- a. Bagaimana cara implementasi BIM yang dilakukan sebagai alat simulasi untuk analisis dari penelitian ini.

- b. Hasil dan temuan apa yang ditemukan setelah dilakukan komparasi *redesign half slab* dengan *half slab eksisting* dari segi biaya dan waktu.
7. Selesai.

#### 4.6 Bagan Alir Penelitian

Flowchart penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.2 Dibawah ini.





**Gambar 4.2 Flowchart Penelitian**

## BAB V

### DATA, ANALISIS, DAN PEMBAHASAN

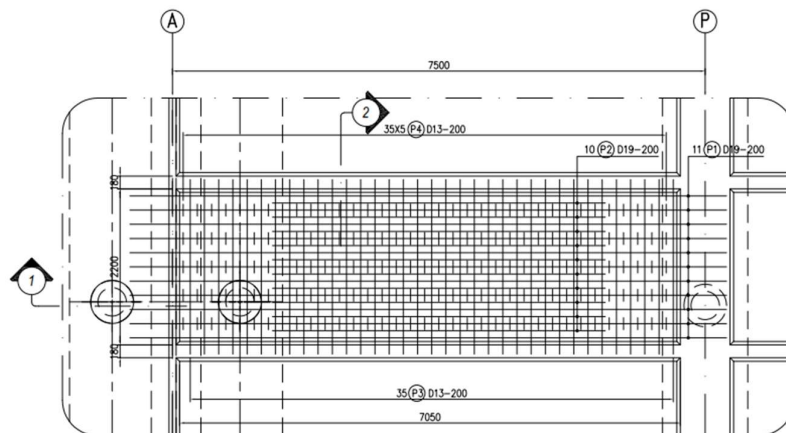
#### 5.1 Pelaksanaan Penelitian

Pada penelitian ini pelaksanaan penelitian dimulai dengan mengumpulkan data observasi di lapangan yang digunakan untuk simulasi desain. Observasi lapangan di lakukan pada pekerjaan metode *half slab* desain eksisting yang kemudian akan di komparasikan dengan *redesign half slab* dari segi metode kerja. Observasi lapangan di lakukan pada Paket Pembangunan Infrastruktur Akses Jalan Jetty Kit Batang. Berikut ini adalah beberapa data observasi lapangan yang dapat dilakukan menjadi dasar melakukan komparasi dengan *redesign half slab* :

##### 5.1.1 Data Teknis *Half Slab* Eksisting

Data teknis *half slab* eksisting dari perencana adalah *half slab precast* dengan data - data di bawah ini.

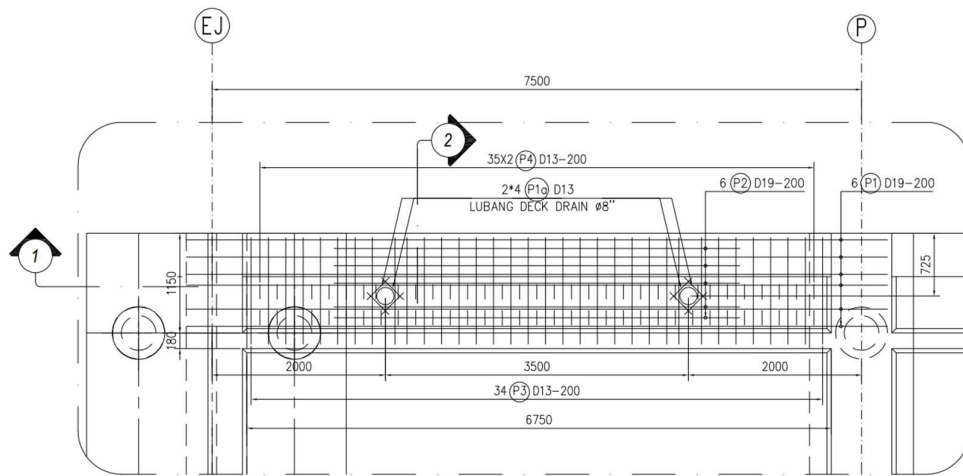
1. Tipikal *half slab* eksisting
  - a. Tipe - 1A, Dimensi (7100 x 2200 x 250 mm)



**Gambar 5.1** Tipikal Detail *Half Slab* Tipe 1A

(sumber: Perencanaan Ded Infrastruktur Akses Jalan Jetty KITB, 2023)

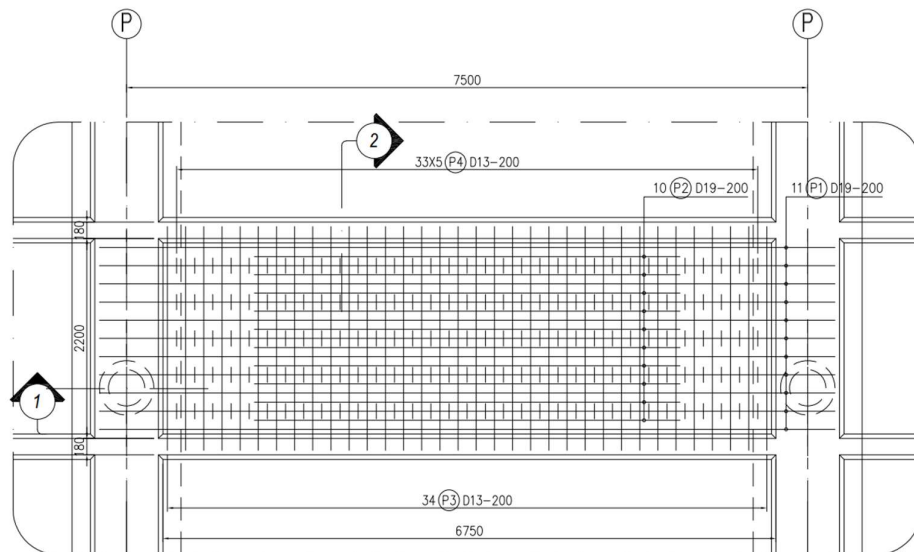
b. Tipe - 1C, Dimensi (7100 x 1150 x 250 mm)



**Gambar 5.2** Tipikal Detail *Half Slab* Tipe 1C

(sumber: Perencanaan Ded Infrastruktur Akses Jalan Jetty KITB, 2023)

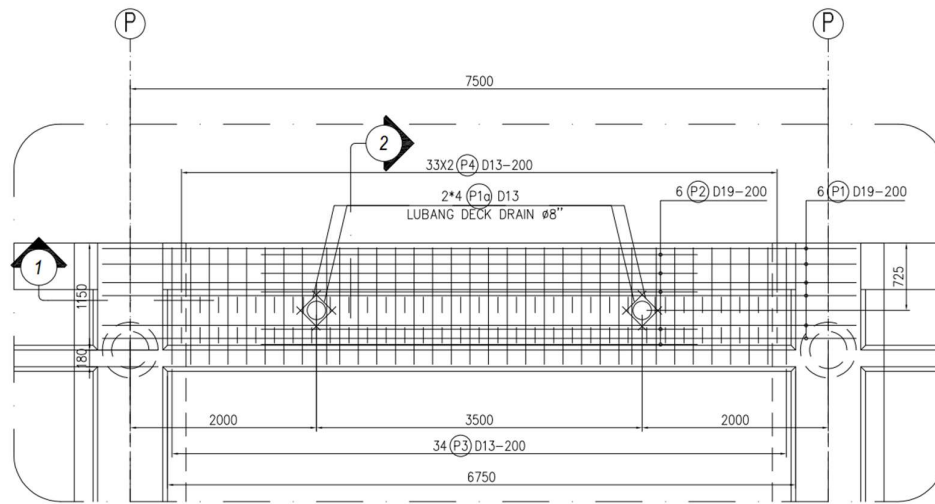
c. Tipe - 2A, Dimensi (6800 x 2200 x 250 mm)



**Gambar 5.3** Tipikal Detail *Half Slab* Tipe 2A

(sumber: Perencanaan Ded Infrastruktur Akses Jalan Jetty KITB, 2023)

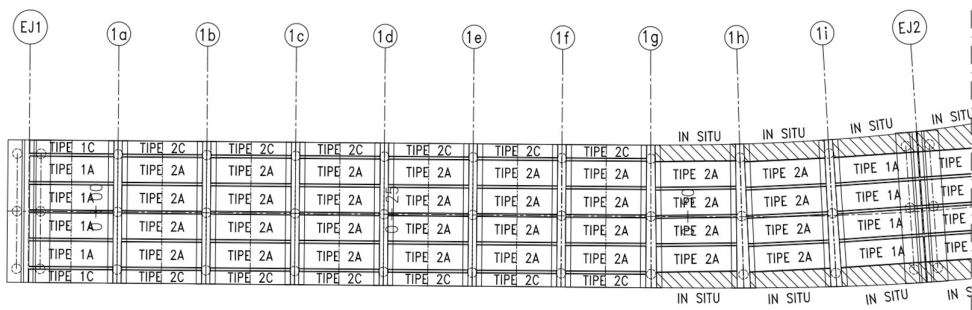
d. Tipe - 2C, Dimensi (6800 x 1150 x 250 mm)



**Gambar 5.4** Tipikal Detail *Half Slab* Tipe 2C

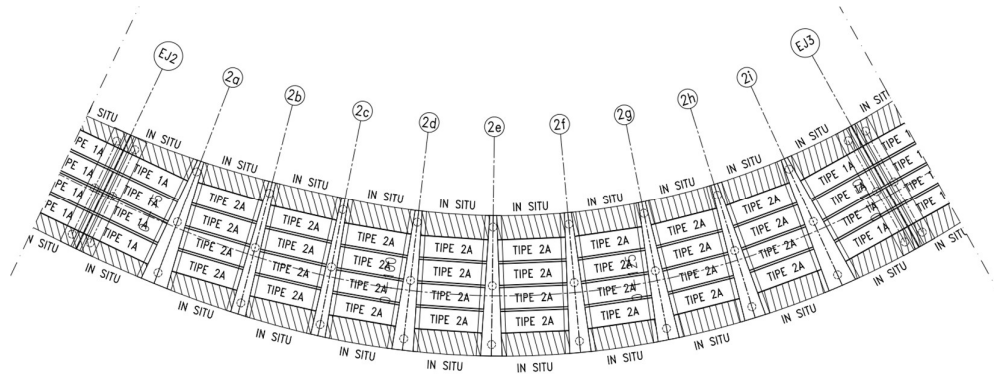
(sumber: Perencanaan Ded Infrastruktur Akses Jalan Jetty KITB, 2023)

2. Denah posisi *half slab* eksisting

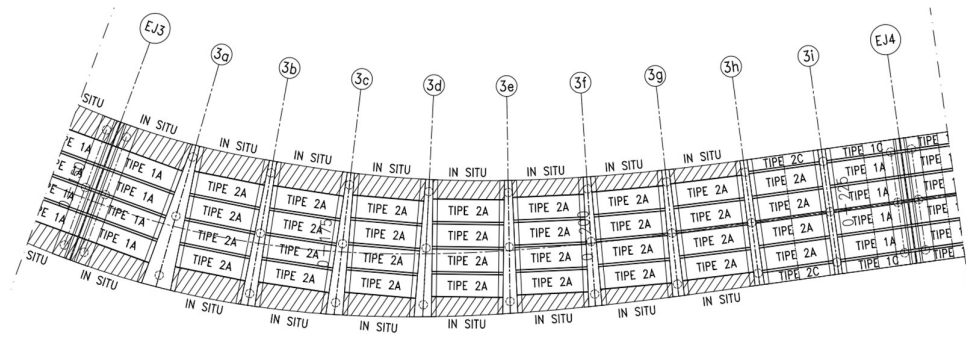


**Gambar 5.5** Denah Posisi *Half Slab* EJ1 – EJ2

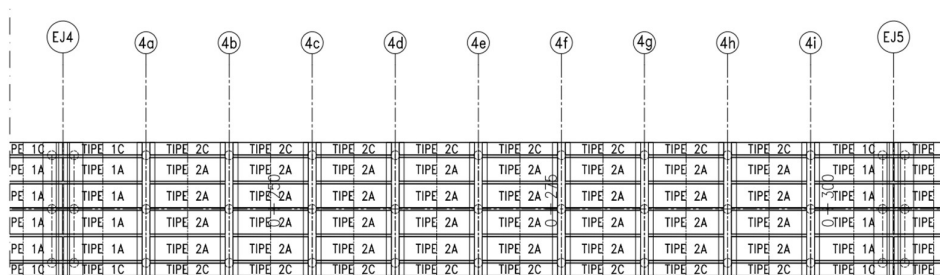
(sumber: Perencanaan Ded Infrastruktur Akses Jalan Jetty KITB, 2023)



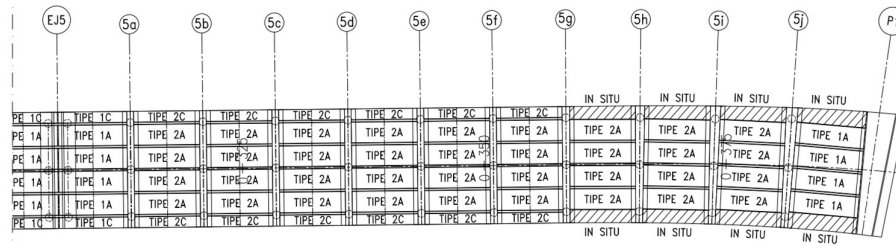
**Gambar 5.6 Denah Posisi *Half Slab* EJ2 – EJ3**  
 (sumber: Perencanaan Ded Infrastruktur Akses Jalan Jetty KITB, 2023)



**Gambar 5.7 Denah Posisi *Half Slab* EJ3 – EJ4**  
 (sumber: Perencanaan Ded Infrastruktur Akses Jalan Jetty KITB, 2023)



**Gambar 5.8 Denah Posisi *Half Slab* EJ3 – EJ4**  
 (sumber: Perencanaan Ded Infrastruktur Akses Jalan Jetty KITB, 2023)



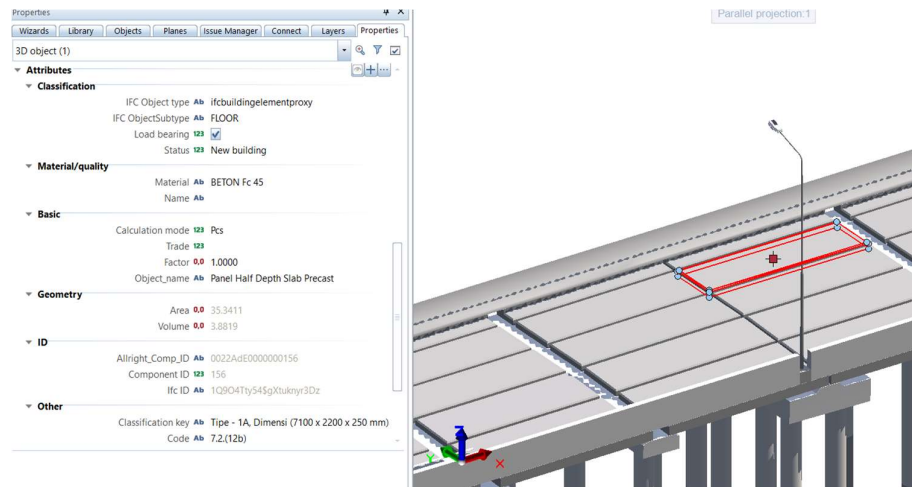
**Gambar 5.9 Denah Posisi *Half Slab* EJ5 – P1**  
 (sumber: Perencanaan Ded Infrastruktur Akses Jalan Jetty KITB, 2023)

3. Mutu *half slab* eksisting

Mutu beton precast yang digunakan adalah  $f_c' = 45$  mpa

4. Kuantitas *half slab* eksisting

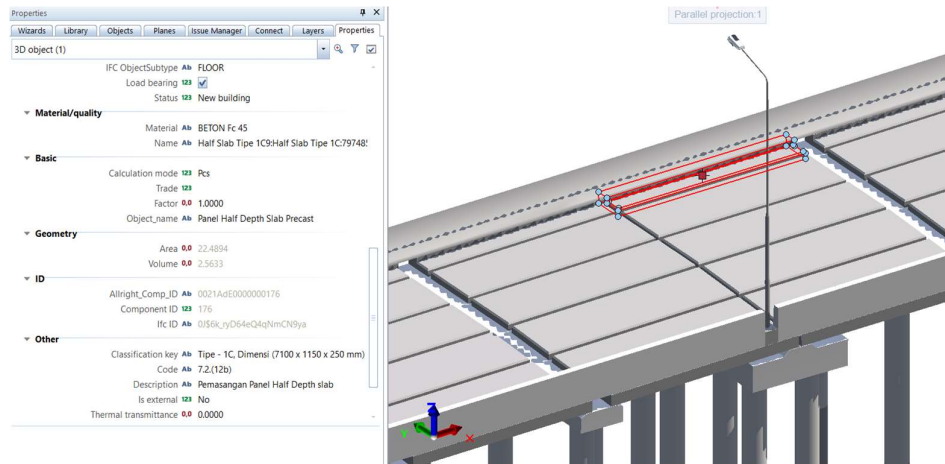
a. Tipe - 1A, Dimensi (7100 x 2200 x 250 mm)



**Gambar 5.10 *Quantity Take Off* Beton *Half Slab* Precast Tipe 1A**  
 (sumber: penulis)

- Volume beton = 3,8819 m<sup>3</sup>
- Jumlah *precast* = 40 buah
- Total volume beton = 3,8819 m<sup>3</sup> x 40 buah = 155,276 m<sup>3</sup>

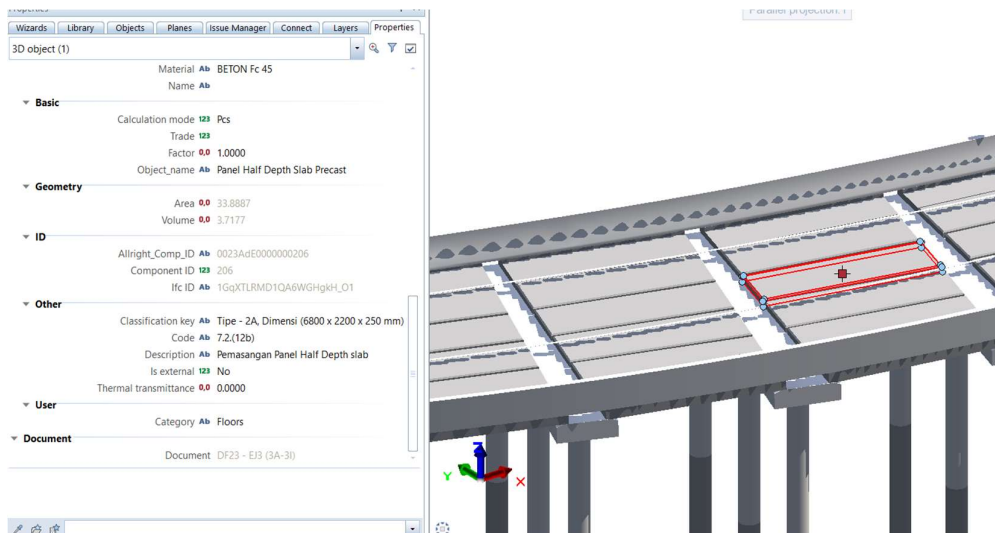
b. Tipe - 1C, Dimensi (7100 x 1150 x 250 mm)



**Gambar 5.11** *Quantity Take Off Beton Half Slab Precast Tipe 1C*  
(sumber: penulis)

- Volume beton = 2,5633 m<sup>3</sup>
- Jumlah *precast* = 10 buah
- Total volume beton = 2,5633 m<sup>3</sup> x 10 buah = 25,633 m<sup>3</sup>

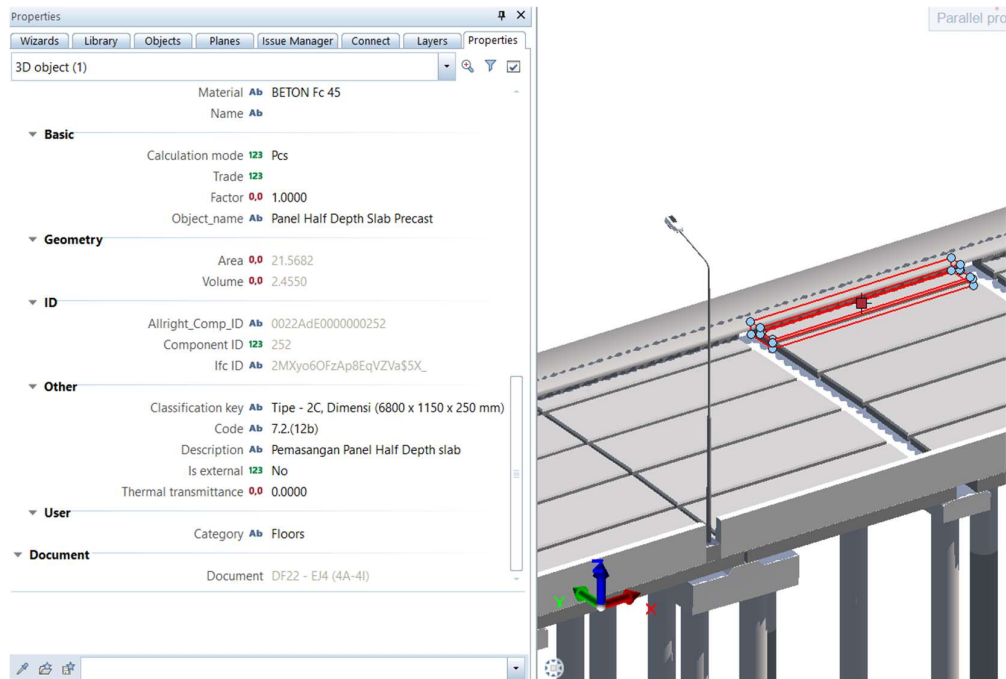
c. Tipe - 2A, Dimensi (6800 x 2200 x 250 mm)



**Gambar 5.12** *Quantity Take Off Beton Half Slab Precast Tipe 2A*  
(sumber: penulis)

- Volume beton = 3,7177 m<sup>3</sup>
- Jumlah *precast* = 164 buah
- Total volume beton = 3,7177 m<sup>3</sup> x 164 buah = 609,7028 m<sup>3</sup>

d. Tipe - 2C, Dimensi (6800 x 1150 x 250 mm)



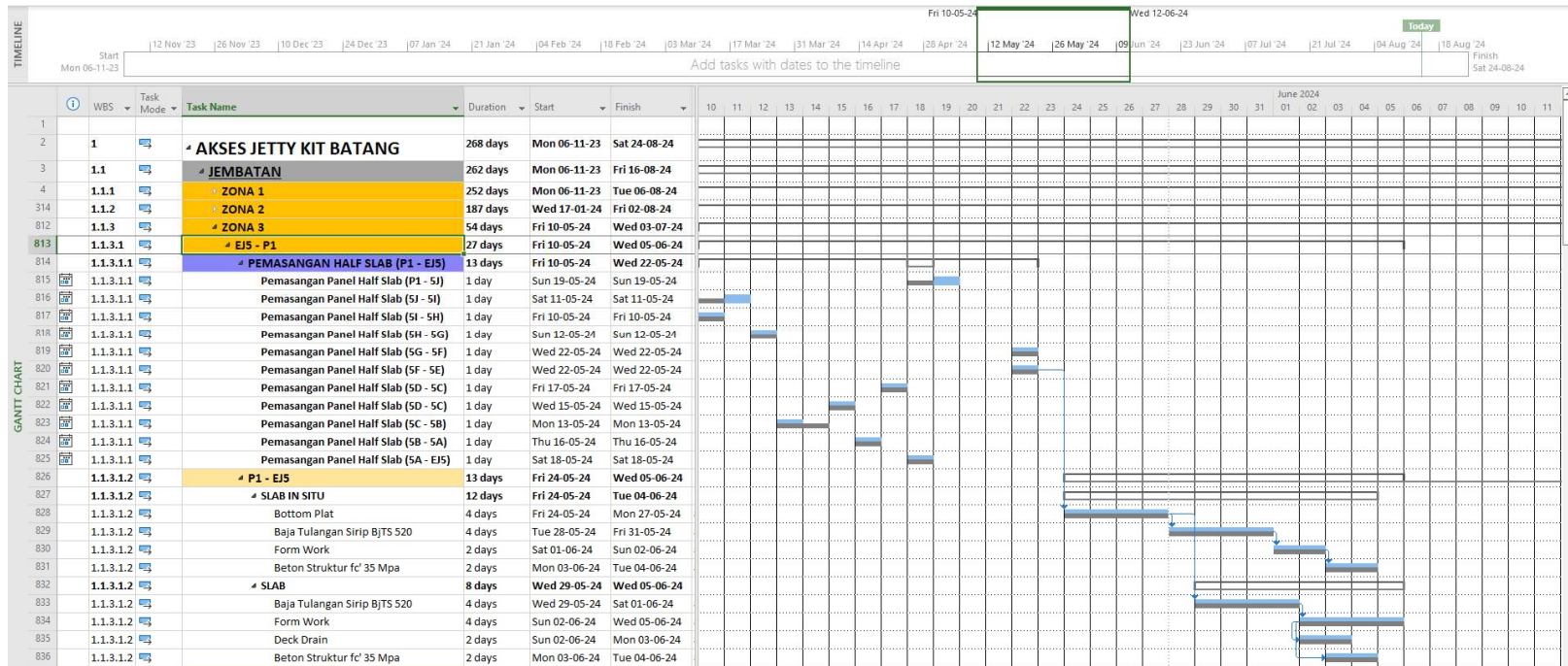
**Gambar 5.13** *Quantity Take Off Beton Half Slab Precast Tipe 2C*

(sumber: penulis)

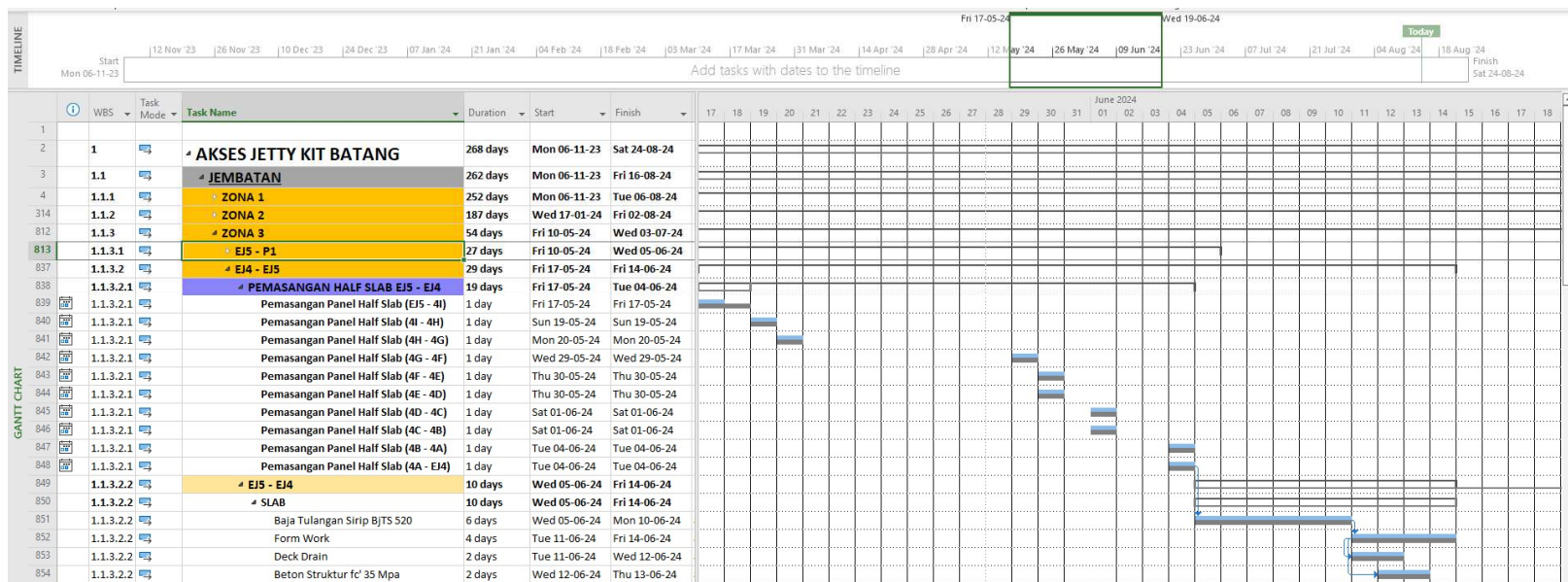
- Volume beton = 2,455 m<sup>3</sup>
- Jumlah *precast* = 42 buah
- Total volume beton = 2,455 m<sup>3</sup> x 164 buah = 103,11 m<sup>3</sup>

### 5.1.2 Schedule Pekerjaan

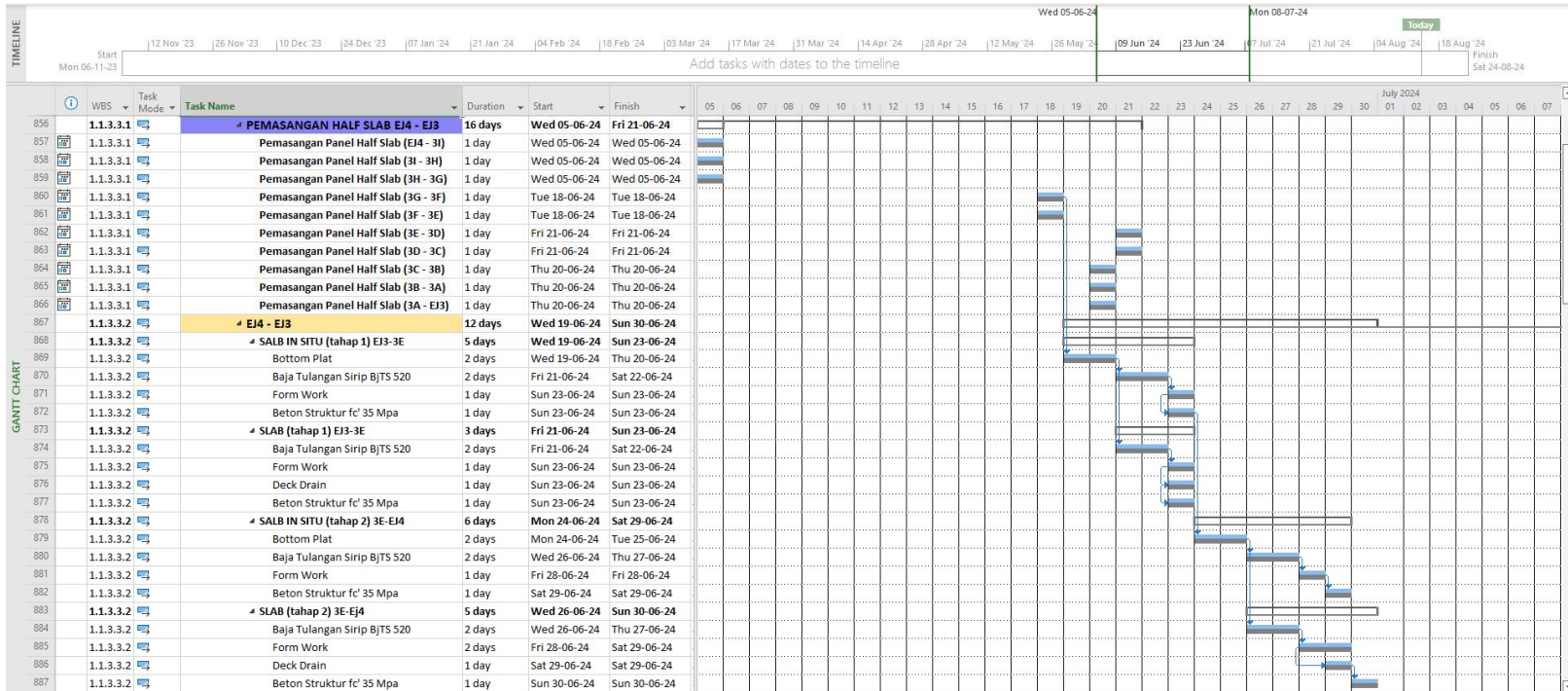
Schedule pekerjaan yang digunakan pada analisis ini adalah schedule pekerjaan *half slab* dengan data - data di bawah ini.



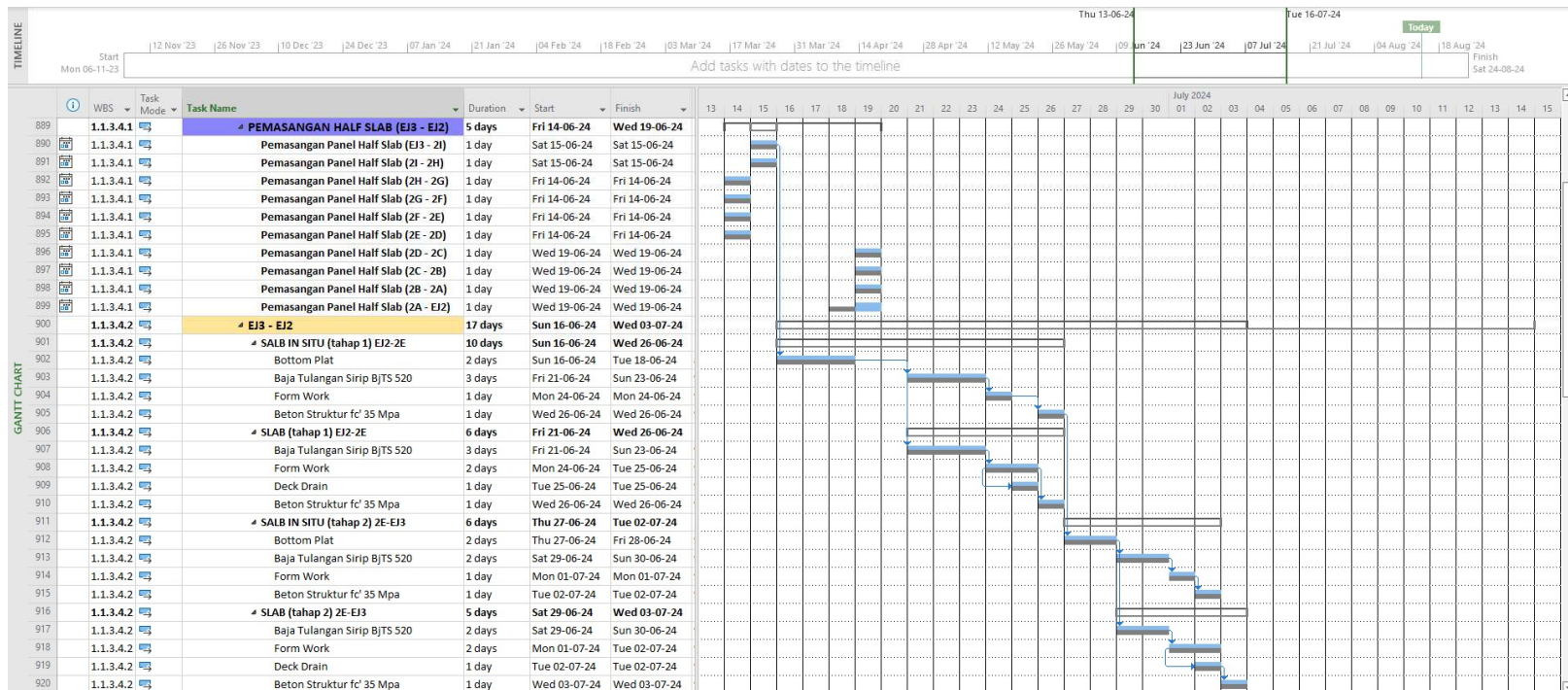
Gambar 5.14 Schedule Pekerjaan Half Slab P1 – EJ5



Gambar 5.15 Schedule Pekerjaan Half Slab EJS – EJ4

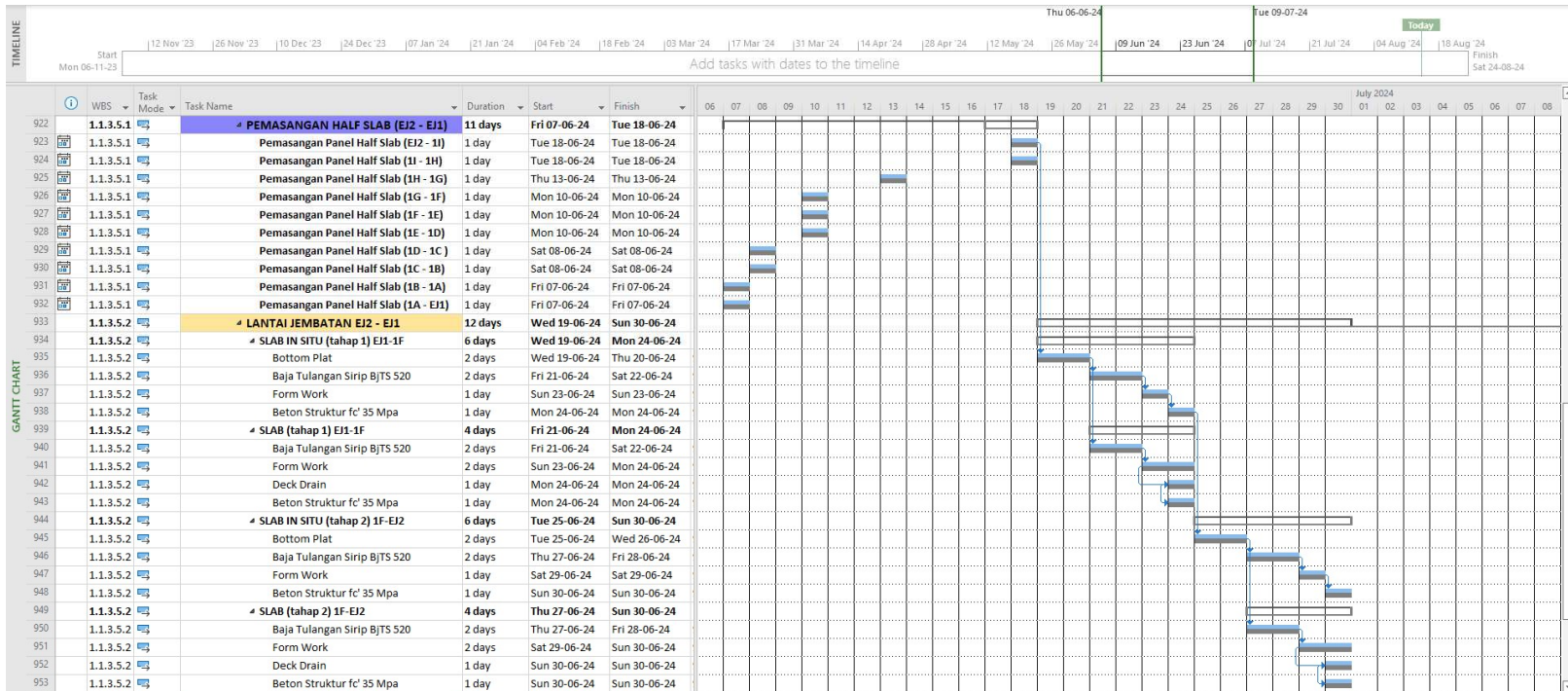


Gambar 5.16 Schedule Pekerjaan Half Slab EJ4 – EJ3



Gambar 5.17 Schedule Pekerjaan Half Slab EJ3 – EJ2





Gambar 5.18 Schedule Pekerjaan Half Slab EJ2 – EJ1

### 5.1.3 Data Resource Pekerjaan *Half Slab*

#### 1. Peralatan

- a. *Crawler crane sany* 50 ton = 1 Unit



**Gambar 5.19 Crawler Crane Sany Kapasitas 50 Ton**

(sumber: proyek pembangunan infrastruktur akses jalan *jetty* kit batang)

#### 2. Tenaga

- a. Mandor = 1 orang
- b. Pekerja biasa = 6 orang
- c. Operator = 1 orang

### 5.1.4 Analisa Harga Satuan Pengadaan dan Pemasangan *Half Slab*

Data Analisa harga satuan pengadaan dan pemasangan *half slab* dari proyek pembangunan infrastruktur akses jalan *jetty* kit batang adalah sebagai berikut ini.

NO.	KOMPONEN	SATUAN	KUANTITAS	HARGA SATUAN	JUMLAH HARGA
<b>A.</b>	<b>TENAGA</b>				
*	Pekerja	Jam	12,149	14.000,00	170.083,21
*	Tukang	Jam	6,074	14.000,00	85.041,61
*	Mandor	Jam	0,607	17.000,00	10.326,48
				<b>JUMLAH HARGA TENAGA</b>	<b>265.451,30</b>
<b>B.</b>	<b>BAHAN</b>				
*	Semen Curah	Kg	500,000	1.500,00	750.000,00
*	Batu Pecah	M3	0,680	275.000,00	187.000,00
*	Pasir Cor	M3	0,328	258.900,00	84.951,56
*	Plywood 12 mm	Lbr	0,347	225.000,00	78.125,00
*	Kayu Bekisting	M3	0,068	4.000.000,00	273.000,00
*	Paku	Kg	0,819	39.100,00	32.022,90
				<b>JUMLAH HARGA BAHAN</b>	<b>1.405.099,46</b>
<b>C.</b>	<b>PERALATAN</b>				
*	Wheel Loader	Jam	0,019	723.000,00	13.482,67
*	Concrete Batching Plant ≥ 60 m	Jam	0,050	1.575.000,00	78.750,00
*	Truck Mixers	Jam	0,050	498.000,00	24.900,00
*	Concrete Vibrator	Jam	0,200	88.000,00	17.600,00
*	Concrete Pump	Jam	0,200	805.000,00	161.000,00
				<b>JUMLAH HARGA PERALATAN</b>	<b>295.732,67</b>
<b>D.</b>	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN ( A + B + C )				1.966.283,43
<b>E.</b>	OVERHEAD & PROFIT 10,00% x D				196.628,34
<b>F.</b>	HARGA SATUAN PEKERJAAN ( D + E ) DIBULATKAN)				2.162.911,00

**Gambar 5.20 Analisa Harga Satuan Beton Fc'35 Mpa**  
(sumber: proyek pembangunan infrastruktur akses jalan *jetty* kit batang)

NO.	KOMPONEN	SATUAN	KUANTITAS	HARGA SATUAN	JUMLAH HARGA
<b>A.</b>	<b>TENAGA</b>				
*	Pekerja	Jam	1,000	14.000,00	14.000,00
*	Mandor	Jam	0,500	17.000,00	8.500,00
				<b>JUMLAH HARGA TENAGA</b>	<b>22.500,00</b>
<b>B.</b>	<b>BAHAN</b>				
*	Panel Half Depth slab Tipe 1A	Bh	1,000	8.396.204,21	8.396.204,21
				<b>JUMLAH HARGA BAHAN</b>	<b>8.396.204,21</b>
<b>C.</b>	<b>PERALATAN</b>				
*	Crane on Track 10-15 ton	Jam	0,250	745.000,00	186.250,00
				<b>JUMLAH HARGA PERALATAN</b>	<b>186.250,00</b>
<b>D.</b>	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN ( A + B + C )				8.604.954,21
<b>E.</b>	OVERHEAD & PROFIT 10,00% x D				860.495,42
<b>F.</b>	HARGA SATUAN PEKERJAAN ( D + E ) DIBULATKAN)				9.465.449,00

**Gambar 5.21 Analisa Harga Satuan Pengadaan Half Slab Tipe 1A**  
(sumber: penulis)

NO.	KOMPONEN	SATUAN	KUANTITAS	HARGA SATUAN	JUMLAH HARGA
A.	<b>TENAGA</b> Pekerja Mandor	Jam	1,000	14.000,00	14.000,00
		Jam	0,500	17.000,00	8.500,00
<b>JUMLAH HARGA TENAGA</b>					22.500,00
B.	<b>BAHAN</b> Panel Half Depth slab Tipe 1C	Bh	1,000	5.544.189,77	5.544.189,77
C.	<b>PERALATAN</b> Crane on Track 10-15 ton	Jam	0,250	745.000,00	186.250,00
D.	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN ( A + B + C )				5.752.939,77
E.	OVERHEAD & PROFIT 10,00% x D				575.293,98
F.	HARGA SATUAN PEKERJAAN ( D + E ) DIBULATKAN)				6.328.233,00

**Gambar 5.22 Analisa Harga Satuan Pengadaan *Half Slab* Tipe 1C**  
(sumber: penulis)

NO.	KOMPONEN	SATUAN	KUANTITAS	HARGA SATUAN	JUMLAH HARGA
A.	<b>TENAGA</b> Pekerja Mandor	Jam	1,000	14.000,00	14.000,00
		Jam	0,500	17.000,00	8.500,00
<b>JUMLAH HARGA TENAGA</b>					22.500,00
B.	<b>BAHAN</b> Panel Half Depth slab Tipe 2A	Bh	1,000	8.041.054,22	8.041.054,22
C.	<b>PERALATAN</b> Crane on Track 10-15 ton	Jam	0,250	745.000,00	186.250,00
D.	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN ( A + B + C )				8.249.804,22
E.	OVERHEAD & PROFIT 10,00% x D				824.980,42
F.	HARGA SATUAN PEKERJAAN ( D + E ) DIBULATKAN)				9.074.784,00

**Gambar 5.23 Analisa Harga Satuan Pengadaan *Half Slab* Tipe 2A**  
(sumber: penulis)

NO.	KOMPONEN	SATUAN	KUANTITAS	HARGA SATUAN	JUMLAH HARGA
A.	<b>TENAGA</b>				
	* Pekerja	Jam	1,000	14.000,00	14.000,00
	* M a n d o r	Jam	0,500	17.000,00	8.500,00
<b>JUMLAH HARGA TENAGA</b>					22.500,00
B.	<b>BAHAN</b>				
	* Panel Half Depth slab Tipe 2C	Bh	1,000	5.309.946,51	5.309.946,51
<b>JUMLAH HARGA BAHAN</b>					5.309.946,51
C.	<b>PERALATAN</b>				
	* Crane on Track 10-15 ton	Jam	0,250	745.000,00	186.250,00
<b>JUMLAH HARGA PERALATAN</b>					186.250,00
D.	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN ( A + B + C )				5.518.696,51
E.	OVERHEAD & PROFIT 10,00% x D				551.869,65
F.	HARGA SATUAN PEKERJAAN ( D + E ) DIBULATKAN)				6.070.566,00

**Gambar 5.24 Analisa Harga Satuan Pengadaan *Half Slab* Tipe 2C**  
(sumber: penulis)

NO.	KOMPONEN	SATUAN	KUANTITAS	HARGA SATUAN	JUMLAH HARGA
A.	<b>TENAGA</b>				
	* Pekerja	Jam	10,500	14.000,00	147.000,00
	* T u k a n g	Jam	5,250	14.000,00	73.500,00
	* M a n d o r	Jam	1,050	17.000,00	17.850,00
<b>JUMLAH HARGA TENAGA</b>					238.350,00
B.	<b>BAHAN</b>				
	<b>JUMLAH HARGA BAHAN</b>				
C.	<b>PERALATAN</b>				
	* Crane on Track 10-15 ton	Jam	0,500	745.000,00	372.500,00
<b>JUMLAH HARGA PERALATAN</b>					372.500,00
D.	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN ( A + B + C )				610.850,00
E.	OVERHEAD & PROFIT 10,00% x D				61.085,00
F.	HARGA SATUAN PEKERJAAN ( D + E ) DIBULATKAN)				671.935,00

**Gambar 5.25 Analisa Harga Satuan Pemasangan *Half Slab***  
(sumber: proyek pembangunan infrastruktur akses jalan *jetty* kit batang)

Dari data analisa harga satuan pemasangan half slab di atas, terdapat biaya terkait pemasangan bekisting antara celah half slab sebagai berikut ini.

No	Komponen	Kuantitas	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
A	Bahan Multiplek 12 mm	2.22	lbr	423,661.69	939,999.38

**Gambar 5.26 Analisa Harga Satuan Bekisting Gap Antar *Half Slab***  
(sumber: penulis)

### 5.1.5 Biaya Pelaksanaan Pekerjaan *Half Slab* Eksisting

Biaya pelaksanaan pekerjaan pada model *half slab precast* eksisting ini adalah sebagai berikut.

#### 1. Biaya pengadaan *half slab*

NO	TIPE	HARGA SATUAN	JUMLAH PRECAST	TOTAL HARGA
1	TIPE 1A	9,465,449.00	40	378,617,960
2	TIPE 1C	6,328,233.00	10	63,282,330
3	TIPE 2A	9,074,784.00	164	1,488,264,576
4	TIPE 2C	6,070,566.00	42	254,963,772
<b>TOTAL</b>			<b>256</b>	<b>2,185,128,638</b>

**Gambar 5.27 Biaya Pengadaan *Half Slab* Eksisting**

(sumber: penulis)

#### 2. Biaya pemasangan *half slab*

- Total precast = 256 Buah
- Harga satuan pekerjaan = Rp. 671.935
- Total biaya pekerjaan = Rp. 172.015.360

#### 3. Biaya pemasangan bekisting gantung lantai jembatan

- Total biaya bekisting (2x pakai) = Rp. 23.969.984

#### 4. Biaya pekerjaan beton insitu lantai jembatan

- Volume beton insitu = 838,10 m<sup>3</sup>
- Total biaya = Rp. 1.812.735.709

### 5.1.6 Metode Pelaksanaan Pemasangan *Half Slab* Eksisting

Metode pemasangan *half slab* dari proyek pembangunan infrastruktur akses jalan *jetty* kit batang adalah sebagai berikut ini.

#### 1. Persiapan alat crane dan *half slab*.



**Gambar 5.28 Crawler Crane Sany Kapasitas 50 Ton**  
(sumber: proyek pembangunan infrastruktur akses jalan *jetty* kit batang)



**Gambar 5.29 Stock Yard Half Slab**  
(sumber: penulis 4/6/2024)

2. Angkat *half slab* dari stock yard terdekat.



**Gambar 5.30 Proses Angkat *Half Slab* Dari Stock Yard Terdekat**  
(sumber: penulis 4/6/2024)

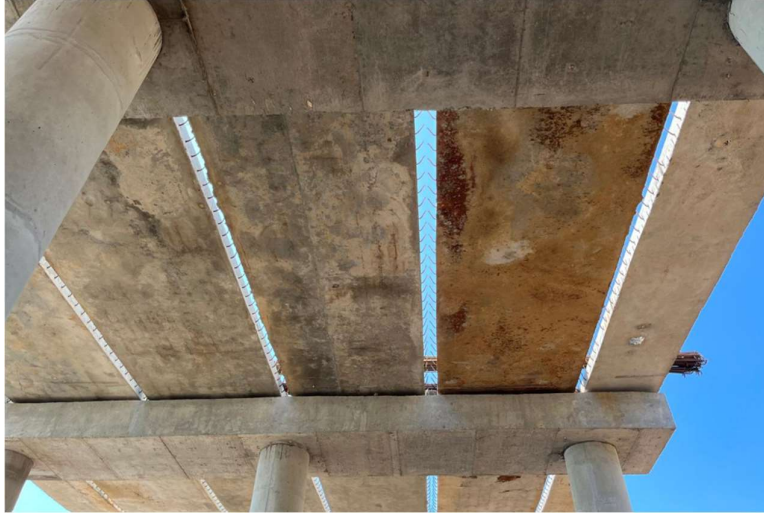
3. Pemasangan *half slab* diatas *pile slab* sesuai dengan denah perletakan half slab.



**Gambar 5.31 Proses Pemasangan *Half Slab***  
(sumber: proyek pembangunan infrastruktur akses jalan *jetty* kit batang)

4. Operator dibantu pekerja untuk mengarahkan agar *half slab* terpasang tepat di posisinya.

5. Setelah *half slab* terpasang tepat di posisinya pasang bekisting gantung untuk celah *joint* antar *half slab*.



**Gambar 5.32 Celah Antar *Half Slab* Sebelum Terpasang Bekisting**  
(sumber: penulis 15/6/2024)



**Gambar 5.33 Bekisting Gantung Yang Telah Terpasang**  
(sumber: penulis 15/6/2024)

6. Setelah bekisting gantung antar half slab terpasang, cor celah tersebut bersamaan pekerjaan cor lantai jembatan dengan mutu beton *ready mix* fc'35 mpa.



**Gambar 5.34 Cor Antar *Half Slab* Bersamaan Dengan Lantai Jembatan**  
(sumber: proyek pembangunan infrastruktur akses jalan *jetty* kit batang)

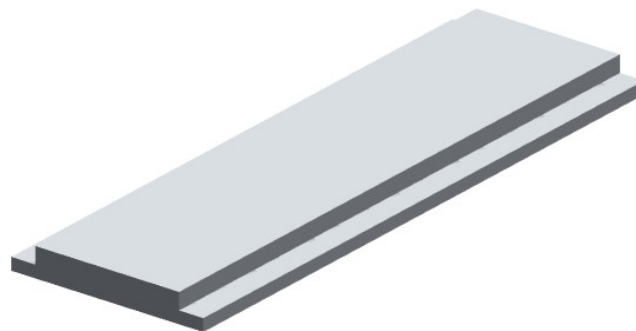
7. Setelah selesai bongkar bekisting gantung pada umur beton 3 hari.

## 5.2 Tahap *Redesign Half Slab*

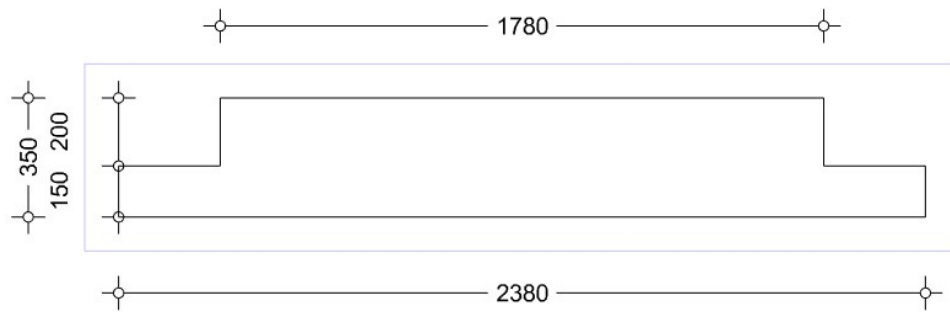
### 5.2.1 *Modeling Half Slab melalui Software All Plan*

Modeling half slab yang digunakan pada analisis ini menggunakan *software allplan* dengan data - data di bawah ini.

1. Model *redesign half slab* tipe – 1A, dimensi (7100x2200x350 mm)

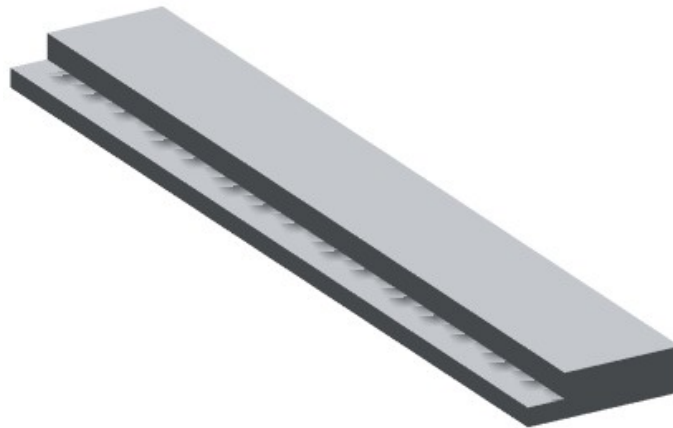


**Gambar 5.35 Isometri Model *Redesign Half Slab* Tipe – 1A**

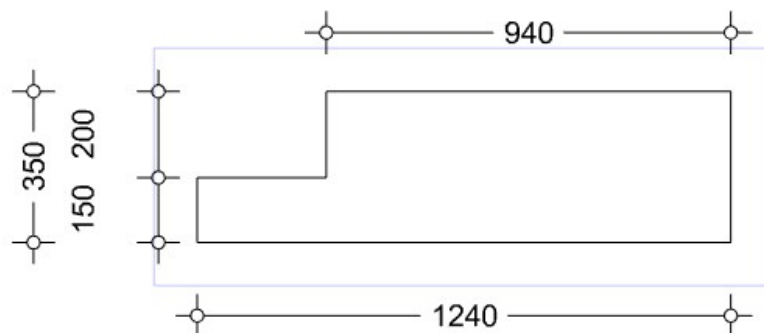


**Gambar 5.36** Tipikal Model *Redesign Half Slab* Tipe – 1A

2. Model *redesign half slab* tipe - 1C, dimensi (7100 x 1150 x 350 mm)

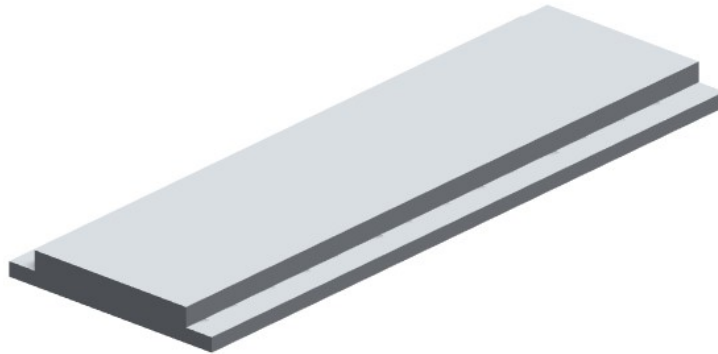


**Gambar 5.37** Isometri Model *Redesign Half Slab* Tipe – 1C

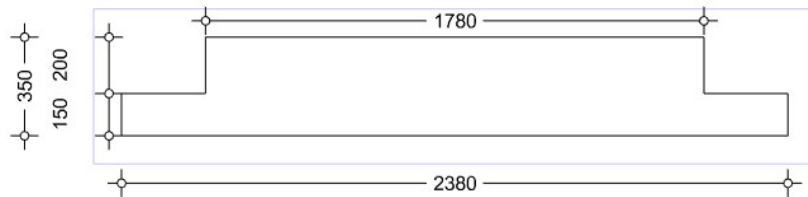


**Gambar 5.38** Tipikal Model *Redesign Half Slab* Tipe – 1C

3. Model *redesign half slab* tipe - 2A, dimensi (6800 x 2200 x 350 mm)

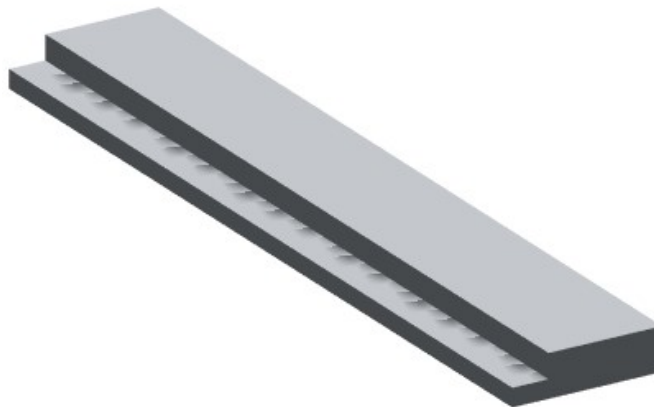


**Gambar 5.39** Isometri Model *Redesign Half Slab* Tipe – 2A

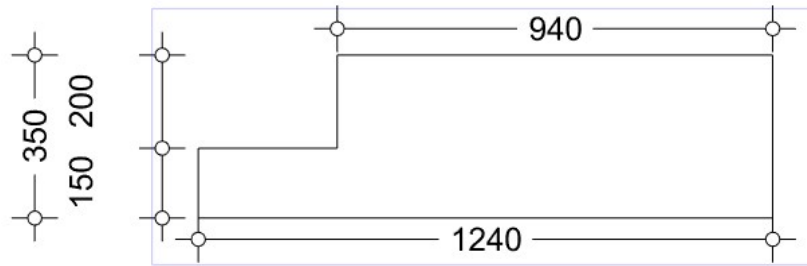


**Gambar 5.40** Tipikal Model *Redesign Half Slab* Tipe – 2A

4. Model *redesign half slab* tipe - 2C, dimensi (6800 x 1150 x 350 mm)

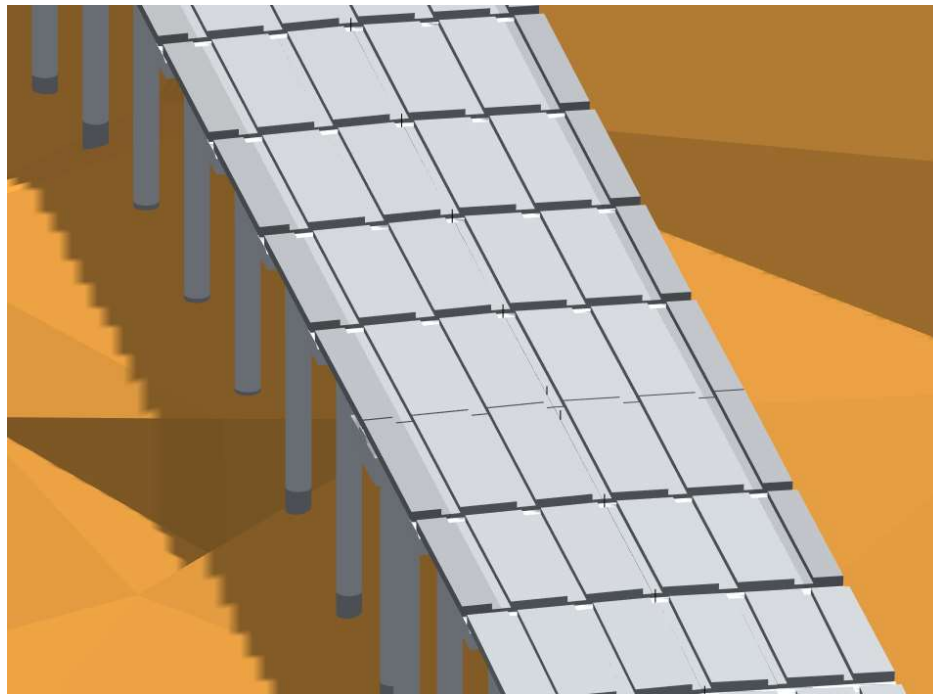


**Gambar 5.41** Isometri Model *Redesign Half Slab* Tipe – 2C



**Gambar 5.42** Tipikal Model *Redesign Half Slab* Tipe – 2C

5. Model *redesign half slab* yang telah terpasang dengan tipe 1A,1C,2A dan 2C

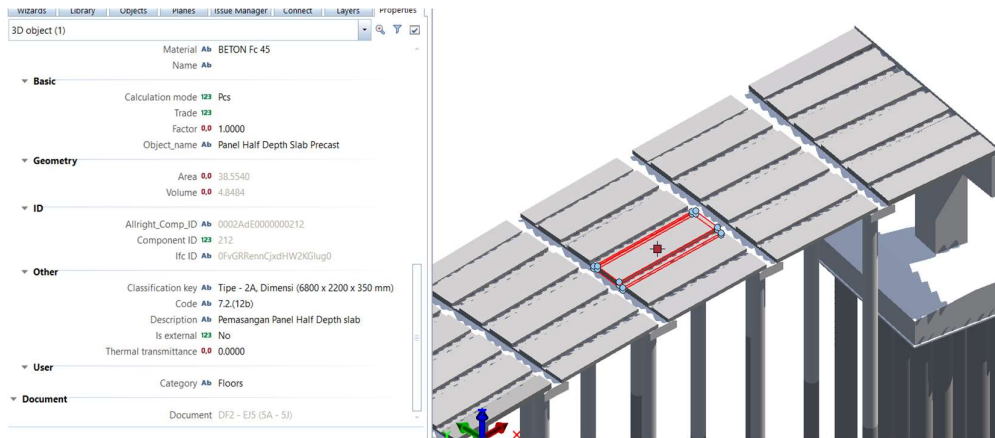


**Gambar 5.43** Model *Redesign Half Slab* yang Terpasang

### 5.2.2 *Quantity Take Off Model Half Slab*

*Quantity take off* pada model *half slab precast* ini menggunakan *software allplan* dengan data – data di bawah ini.

1. *Quantity take off half slab* tipe 2A Dimensi (6800 x 2200 x 350 mm)

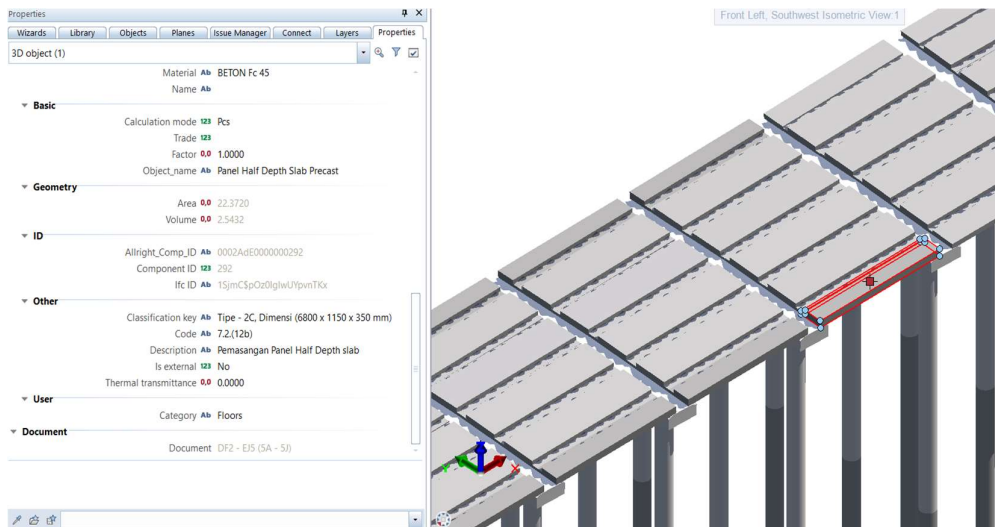


**Gambar 5.44 Quantity Take Off Beton Half Slab Precast Tipe 2A**

(sumber: penulis)

- Volume beton = 4,8484 m<sup>3</sup>
- Jumlah *precast* = 164 buah
- Total volume beton = 4,8484 m<sup>3</sup> x 164 buah = 795.1376 m<sup>3</sup>

2. *Quantity take off half slab tipe 2C Dimensi (6800 x 1150 x 350 mm)*

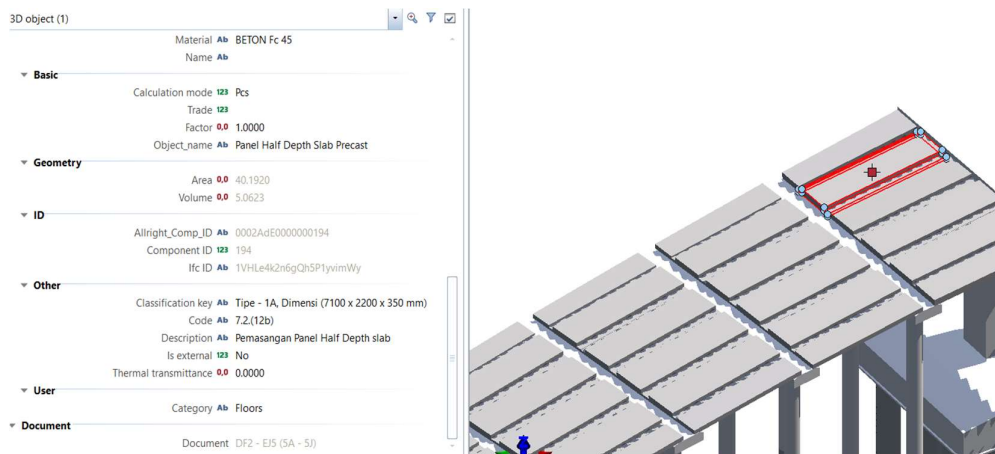


**Gambar 5.45 Quantity Take Off Beton Half Slab Precast Tipe 2C**

(sumber: penulis)

- Volume beton = 2,5432 m<sup>3</sup>
- Jumlah *precast* = 42 buah
- Total volume beton = 2,5432 m<sup>3</sup> x 42 buah = 106,8144 m<sup>3</sup>

### 3. Quantity take off half slab tipe 1A Dimensi (7100 x 2200 x 350 mm)

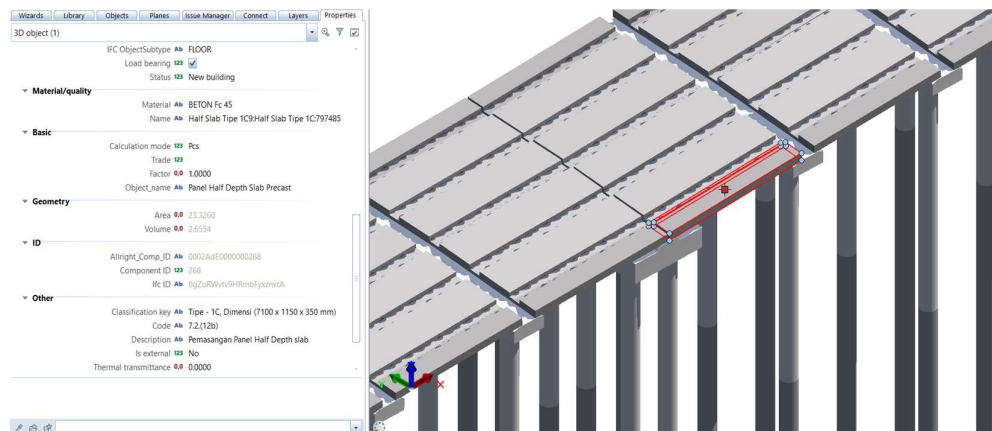


**Gambar 5.46 Quantity Take Off Beton Half Slab Precast Tipe 1A**

(sumber: penulis)

- Volume beton = 5,0623 m<sup>3</sup>
- Jumlah *precast* = 40 buah
- Total volume beton = 5,0623 m<sup>3</sup> x 40 buah = 202,492 m<sup>3</sup>

### 4. Quantity take off half slab tipe 1C Dimensi (7100 x 1150 x 350 mm)



**Gambar 5.47 Quantity Take Off Beton Half Slab Precast Tipe 1C**

(sumber: penulis)

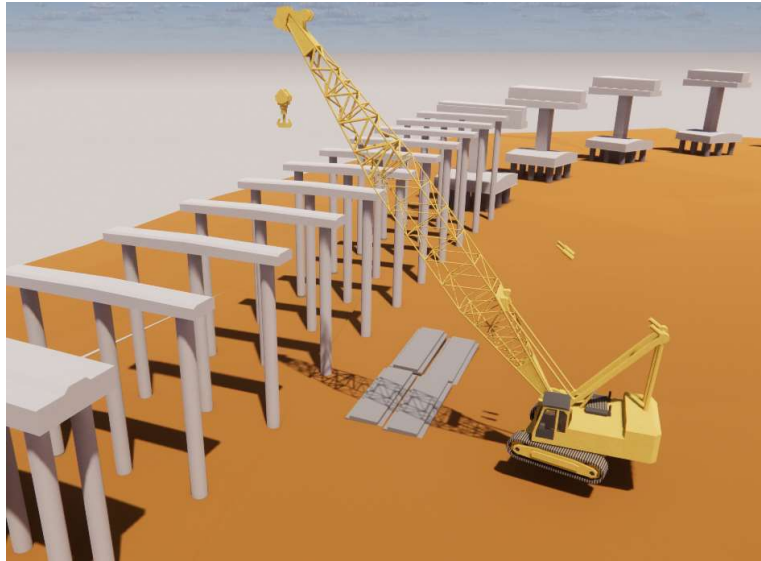
- Volume beton = 2,6554 m<sup>3</sup>
- Jumlah *precast* = 10 buah
- Total volume beton = 2,6554 m<sup>3</sup> x 10 buah = 26,554m<sup>3</sup>

### 5.3 Analisa Teknis Pekerjaan *Half Slab (Redesign)*

#### 5.3.1 Metode Pelaksanaan

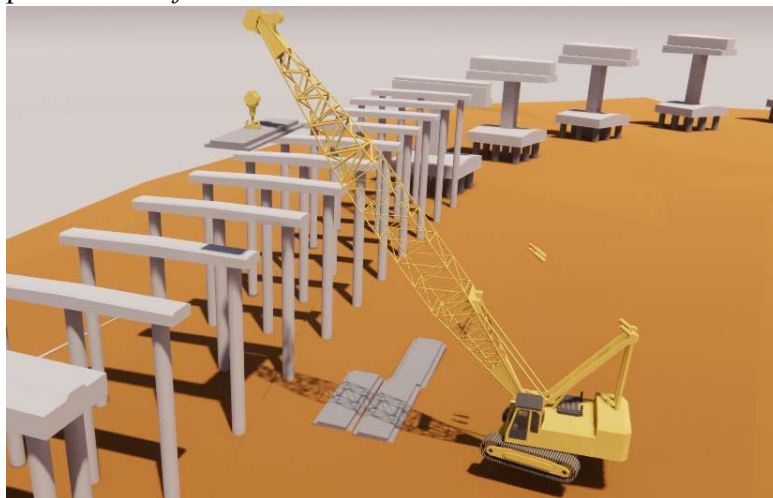
Metode pelaksanaan pemasangan yang digunakan pada model *half slab precast* ini adalah sebagai berikut.

1. Persiapan alat *crawler crane* dan *half slab precast*



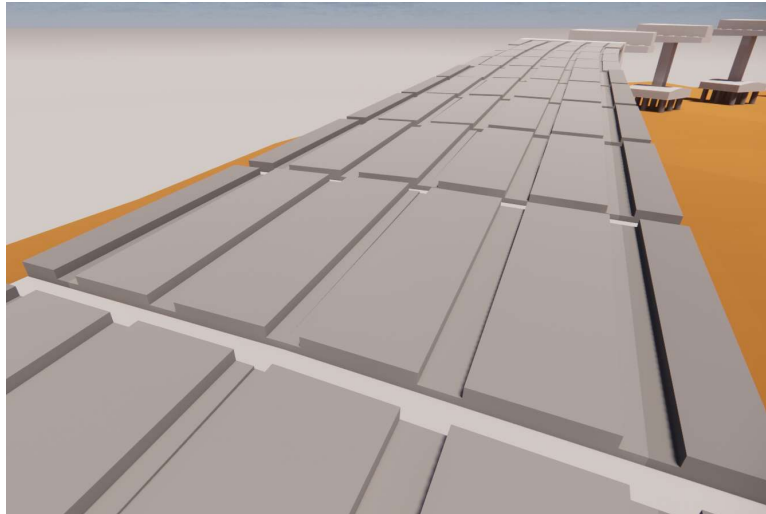
**Gambar 5.48 Visual Pekerjaan Persiapan Pemasangan *Half Slab***

2. Pemasangan *half slab* di atas *pile slab* sesuai dengan denah tipe perletakan *half slab*.



**Gambar 5.49 Visual Pekerjaan Pemasangan *Half Slab***

3. Setelah *half slab* terpasang, dilakukan pengecoran pada celah-celah *half slab* untuk meratakan permukaan lantai jembatan.

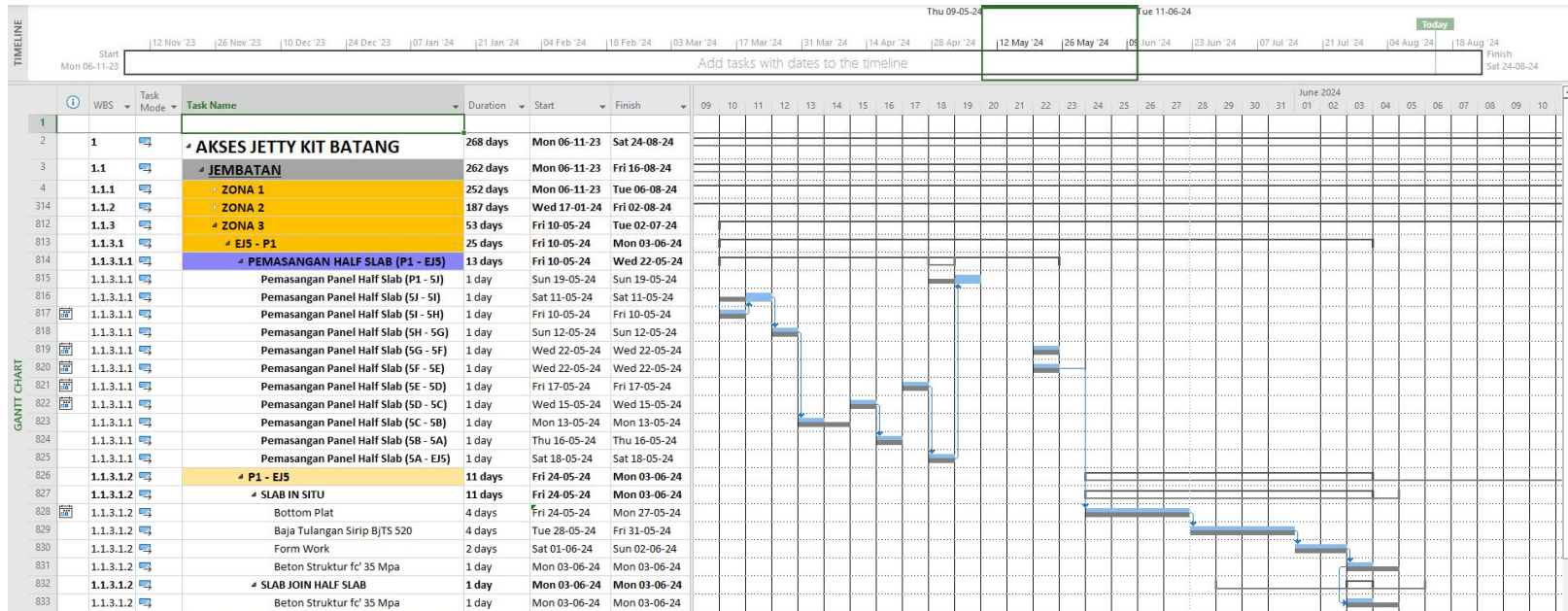


**Gambar 5.50 Visual *Half Slab* yang Telah Terpasang**

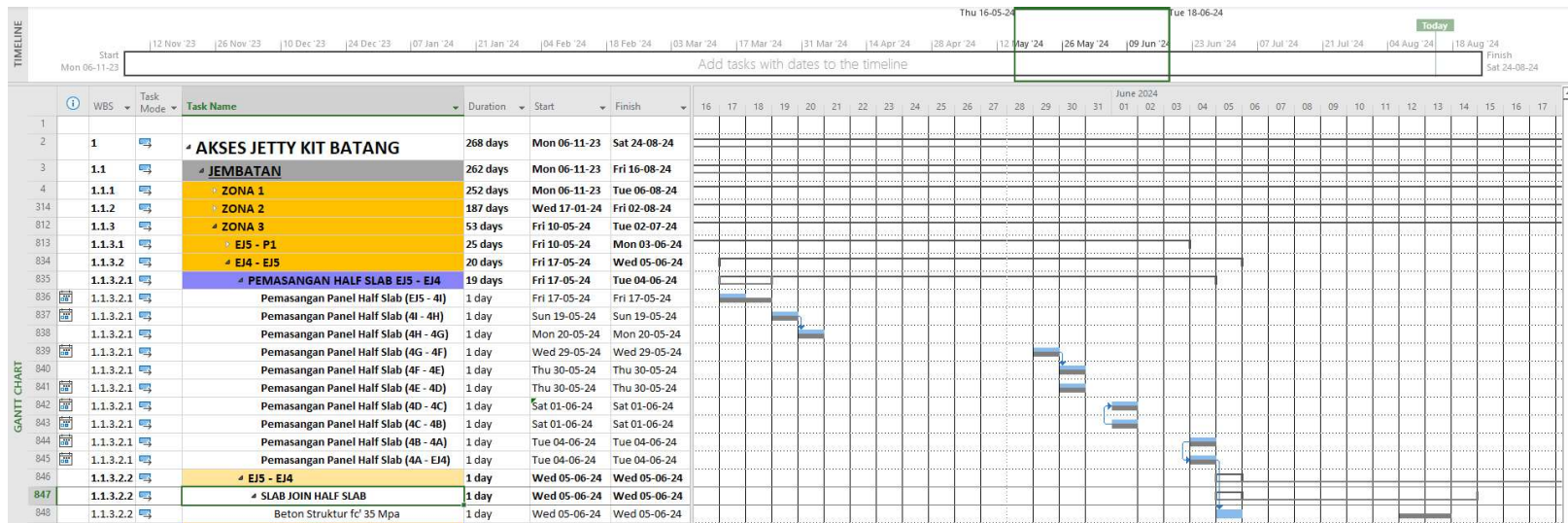
4. Pada tipe *half slab* ini, tinggi half slab mencapai *top* lantai jembatan karena tebal *half slab* adalah 35 cm. Berbeda dengan tipe *half slab* eksisting yang memiliki tebal 25 cm dan belum mencapai top lantai jembatan, sehingga tipe *half slab* ini dapat mempercepat pekerjaan in-situ lantai jembatan setebal 15 cm dan tidak memerlukan bekisting antar celah *half slab*.

### 5.3.2 Waktu Pelaksanaan yang Diperlukan

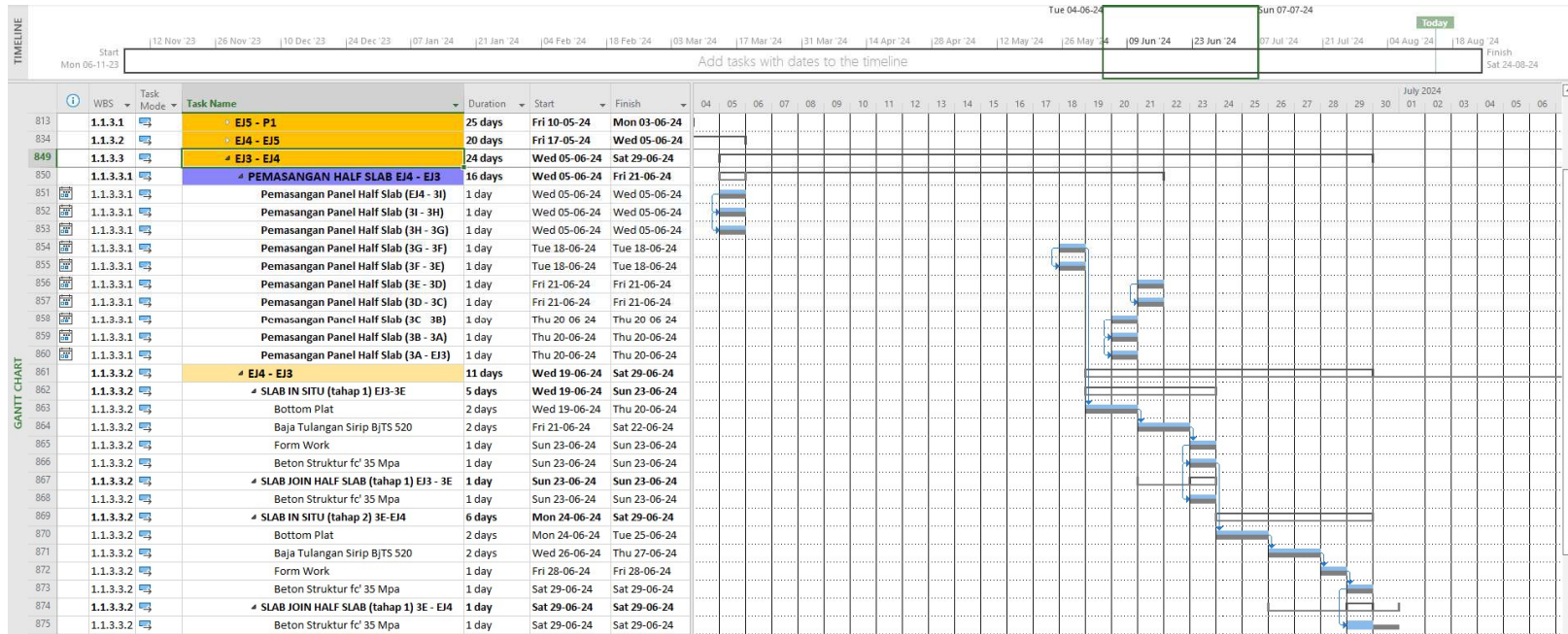
Waktu pelaksanaan yang diperlukan pada model *half slab precast* ini adalah sebagai berikut.



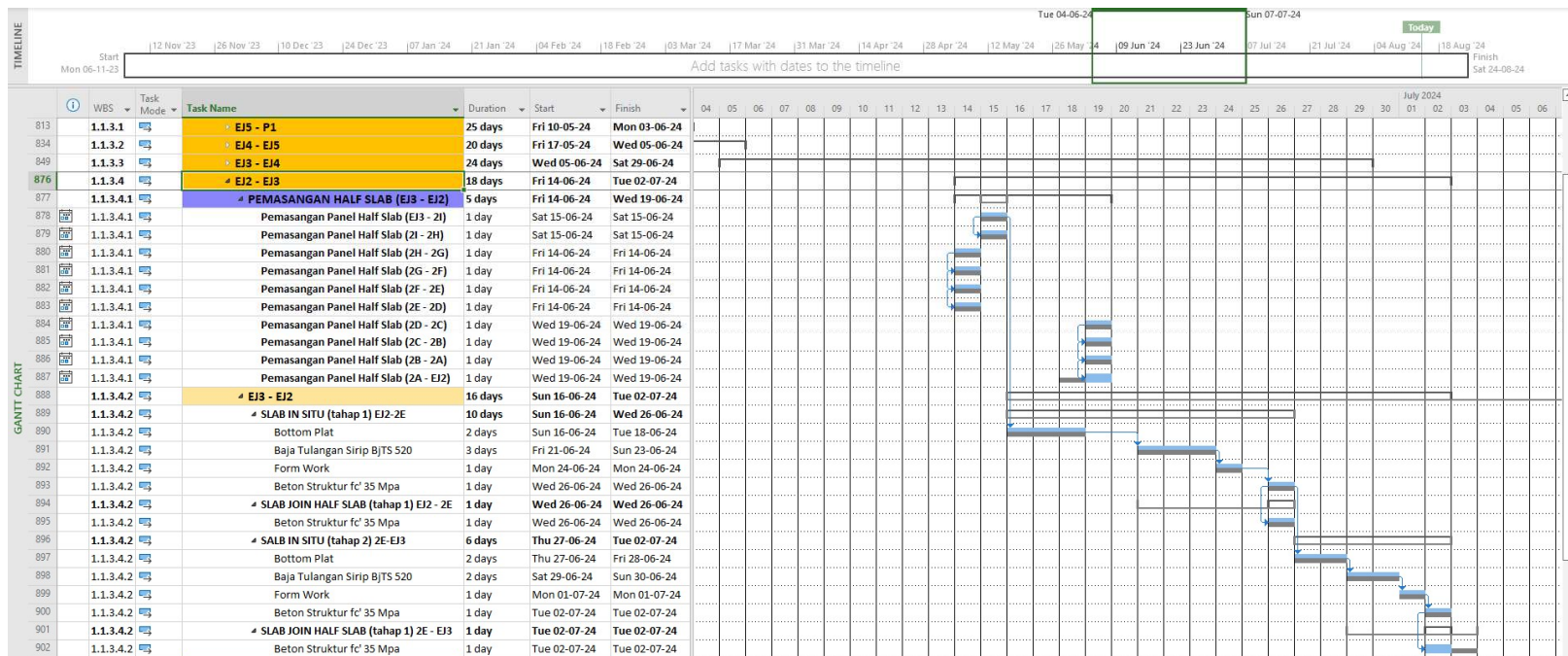
Gambar 5.51 Waktu Pelaksanaan *Half Slab* Redesign P1 – EJ5



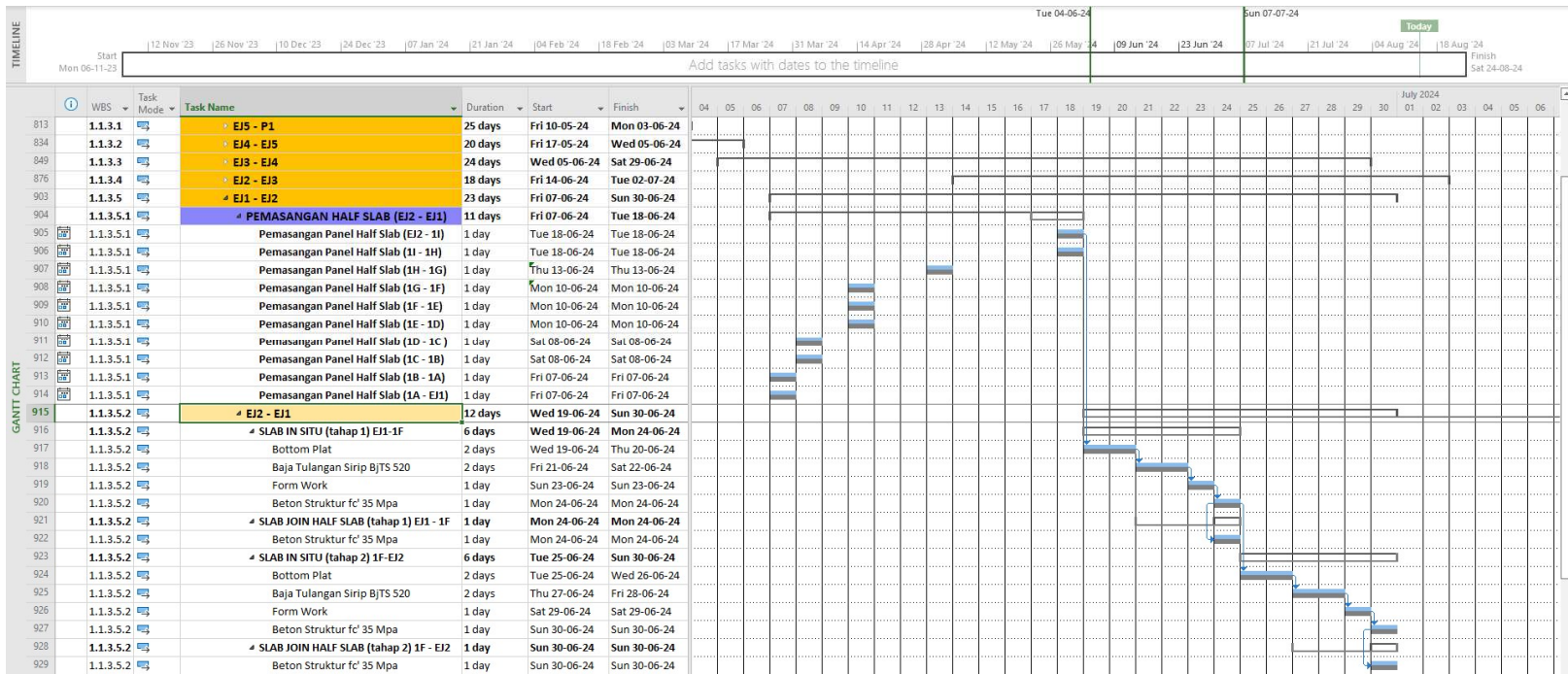
Gambar 5.52 Waktu Pelaksanaan *Half Slab Redesign* EJ5 – EJ4



Gambar 5.53 Waktu Pelaksanaan *Half Slab Redesign* EJ4 – EJ3



Gambar 5.54 Waktu Pelaksanaan Half Slab Redesign EJ3 – EJ2



**Gambar 5.55 Waktu Pelaksanaan *Half Slab Redesign* EJ2 – EJ1**

### 5.3.3 Biaya Pekerjaan yang Diperlukan

Biaya pelaksanaan pada model *half slab precast* ini adalah sebagai berikut.

#### 1. Biaya pengadaan *half slab*

NO	TIPE	HARGA SATUAN	JUMLAH PRECAST	TOTAL HARGA
1	TIPE 1A	12,273,859	40	490,954,360
2	TIPE 1C	6,547,358	10	65,473,580
3	TIPE 2A	11,764,948	164	1,929,451,472
4	TIPE 2C	6,280,411	42	263,777,262
TOTAL			256	2,749,656,674

**Gambar 5.56 Biaya Pengadaan *Half Slab Redesign***

(sumber: penulis)

#### 2. Biaya pemasangan *half slab*

- Total precast = 256 Buah
- Harga satuan pekerjaan = Rp. 671.935
- Total biaya pekerjaan = Rp. 172.015.360

#### 3. Biaya pekerjaan beton insitu lantai jembatan

- Volume beton insitu = 600,82 m<sup>3</sup>
- Total biaya = Rp. 1.299.528.406

Pada pekerjaan pemasangan *half slab* dengan tipe ini tidak memerlukan biaya bekisting antar celah *half slab* karena tipe *half slab* di modelkan menutup antar celah *half slab* tersebut dan volume beton insitu lantai jembatan menjadi lebih sedikit.

## 5.4 Komparasi Biaya dan Waktu Pekerjaan Pemasangan *Half Slab*

(*Eksisting dengan Redesign*)

### 5.4.1 Komparasi Biaya

Komparasi biaya pada pekerjaan pemasangan *half slab* eksisting dengan *half slab* hasil *redesign* adalah sebagai berikut ini.

#### 1. *Half slab* eksisting

- Total biaya pengadaan *half slab* = Rp. 2.185.128.638
- Total biaya pemasangan *half slab* = Rp. 172.015.360
- Total biaya bekisting (2x pakai) = Rp. 23.969.984
- Total biaya beton lantai jembatan = Rp. 1.812.735.709

#### 2. *Half slab redesign*

- Total biaya pengadaan *half slab* = Rp. 2.749.656.674

- Total biaya pemasangan *half slab* = Rp. 172.015.360
- Total biaya beton lantai jembatan = Rp. 1.299.528.406

3. Komparasi *half slab* eksisting dengan *redesign*

**Tabel 5.1 Komparasi Biaya Pekerjaan**

NO	URAIAN	TOTAL BIAYA
1	<i>Half slab</i> eksisting	
1.1	Pengadaan <i>half slab</i>	Rp. 2,185,128,638
1.2	Pemasangan <i>half slab</i>	Rp. 172,015,360
1.3	Bekisting (2x pakai)	Rp. 23,969,984
1.4	Beton lantai jembatan	Rp. 1,812,735,709
	<b>Total Biaya</b>	<b>Rp. 4,193,849,691</b>
2	<i>Half slab redesign</i>	
1.1	Pengadaan <i>half slab</i>	Rp. 2,749,656,674
1.2	Biaya pemasangan <i>half slab</i>	Rp. 172,015,360
1.3	Biaya beton lantai jembatan	Rp. 1,299,528,406
	<b>Total Biaya</b>	<b>Rp. 4,221,200,440</b>

Dari hasil komparasi terdapat perbedaan biaya pada pekerjaan pemasangan *half slab* eksisting yaitu sebesar Rp. 27,350,749 lebih mahal pekerjaan *half slab redesign*.

### 5.4.2 Komparasi Waktu

Hasil dari komparasi yang dilakukan, terdapat perbedaan durasi pelaksanaan pekerjaan pada pemasangan *half slab* antara desain eksisting dengan desain ulang, khususnya pada area EJ5 – EJ4, EJ4 – EJ3, dan EJ3 – EJ2. Perbedaan waktu pelaksanaan ini terjadi setelah pemasangan *half slab* yaitu pada pekerjaan *slab* jembatan. Adapun hasil komparasi tersebut dijelaskan sebagai berikut.

**Tabel 5.2 Komparasi Waktu Pelaksanaan Pekerjaan Slab Jembatan**

NO	URAIAN	START	FINISH	TOTAL DURASI
<b>1</b>	<b>Area EJ5 – EJ4</b>			
1.1	<i>Slab Jembatan (half slab eksisting)</i>	05-06-24	14-06-24	10 Hari
1.2	<i>Slab Jembatan (half slab redesign)</i>	05-06-24	05-06-24	1 Hari
<b>2</b>	<b>Area EJ4 – EJ3</b>			
2.1	<i>Slab Jembatan (half slab eksisting)</i>	19-06-24	30-06-24	12 Hari
2.2	<i>Slab Jembatan (half slab redesign)</i>	19-06-24	29-06-24	11 Hari
<b>3</b>	<b>Area EJ3 – EJ2</b>			
3.1	<i>Slab Jembatan (half slab eksisting)</i>	16-06-24	03-07-24	17 Hari
3.2	<i>Slab Jembatan (half slab redesign)</i>	16-06-24	02-07-24	16 Hari

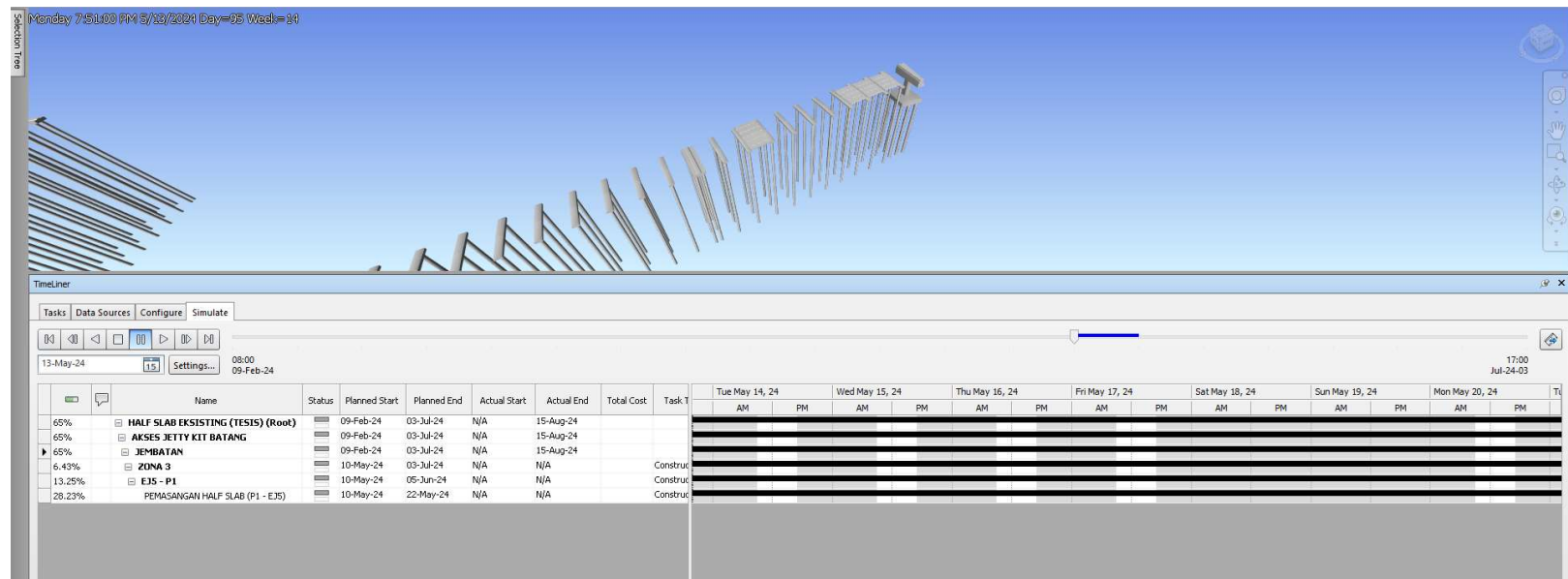
Berdasarkan hasil komparasi, perbedaan waktu pelaksanaan terbesar terjadi pada area EJ5 – EJ4, dengan selisih waktu mencapai 9 hari. Area EJ5 – EJ4 merupakan area lurus yang tidak terdapat penggunaan *half slab* insitu, di mana pada area ini keseluruhan menggunakan *half slab precast*.

## 5.5 Overview Schedule Pekerjaan Half Slab (Eksisting dan Redesign) dengan Software Naviswork

### 5.5.1 Overview Schedule Pekerjaan Half Slab Eksisting

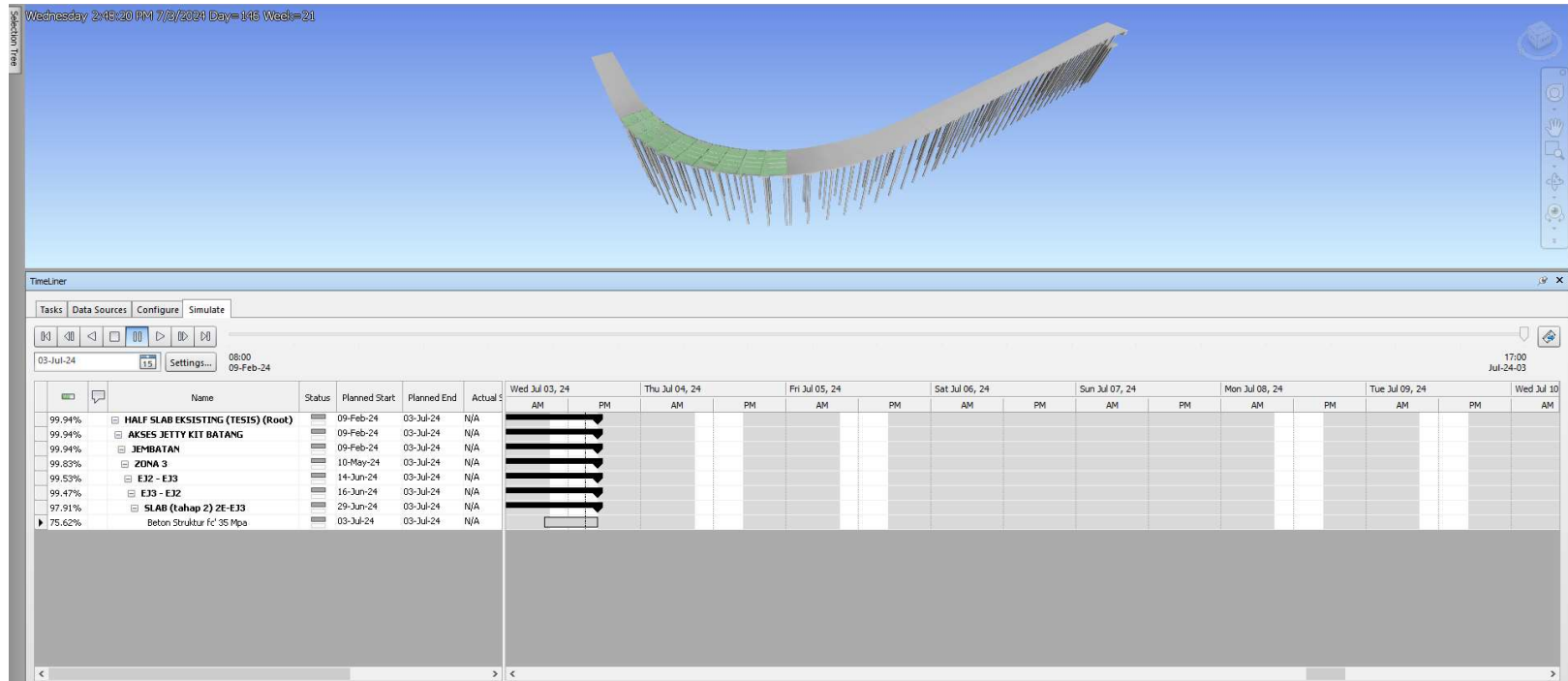
Overview schedule ini berupa 4d sequence menggunakan software naviswork dengan data – data di bawah ini.

#### 1. Overview awal pekerjaan



Gambar 5.57 Awal Pekerjaan Pemasangan Half Slab Pada Area P1 – EJ5

## 2. Overview awal pekerjaan



Gambar 5.58 Akhir Pekerjaan Slab Join Antar Half Slab Pada Area EJ3 – EJ2

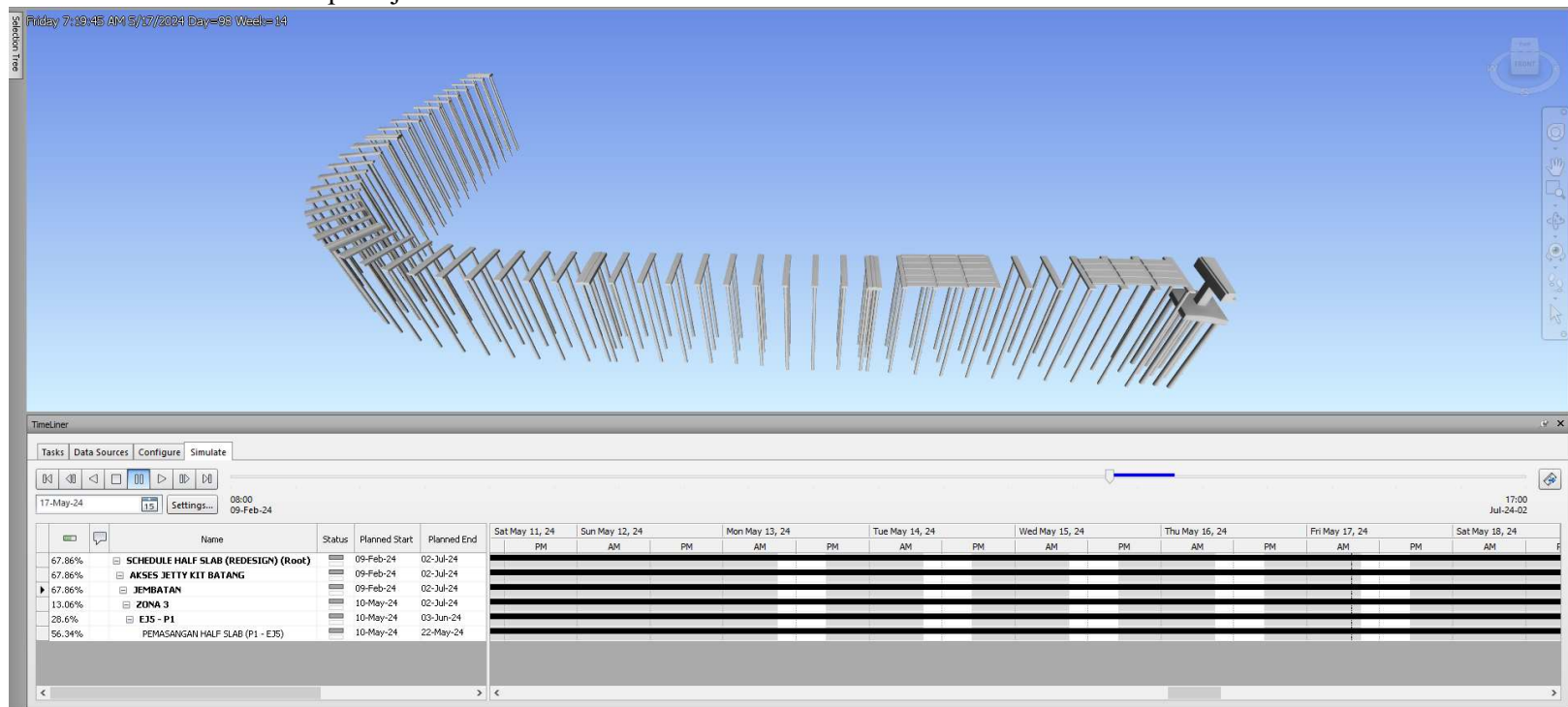
Berdasarkan *overview* pekerjaan *half slab* eksisting, pekerjaan dimulai dari pemasangan *half slab* pada area P1 – EJ5 yang dimulai pada tanggal 10 Mei 2024 dan berakhir pada pekerjaan sambungan antar *half slab* area EJ3 – EJ2 di tanggal 03 Juli 2024. Untuk lebih

jelasnya, *overview* tersebut dapat dilihat pada video yang terlampir pada tautan berikut :  
[https://drive.google.com/file/d/1fdm62OBu3pMt6BJq-S1KmS3Z7RjOe\\_nc/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1fdm62OBu3pMt6BJq-S1KmS3Z7RjOe_nc/view?usp=sharing).

### 5.5.2 Overview Schedule Pekerjaan Half Slab Redesign

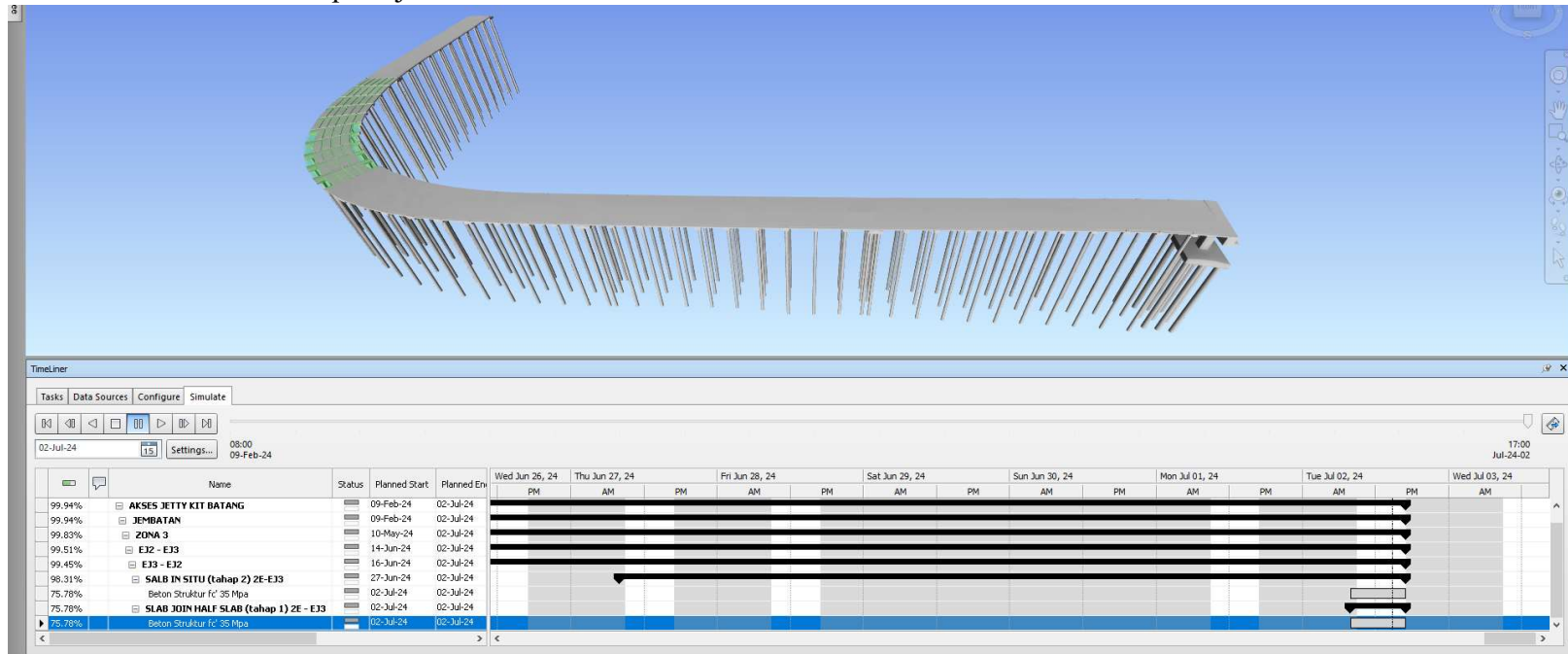
Overview schedule ini berupa 4d sequence menggunakan software naviswork dengan data – data di bawah ini.

#### 1. Overview awal pekerjaan



Gambar 5.59 Awal Pekerjaan Pemasangan *Half Slab* Pada Area P1 – EJ5

## 2. Overview akhir pekerjaan



**Gambar 5.60 Akhir Pekerjaan Slab Join Antar Half Slab Pada Area EJ3 – EJ2**

Berdasarkan *overview* pekerjaan *half slab redesign*, pekerjaan dimulai dari pemasangan *half slab* pada area P1 – EJ5 yang dimulai pada tanggal 10 Mei 2024 dan berakhir pada pekerjaan sambungan antar *half slab* area EJ3 – EJ2 di tanggal 02 Juli 2024. Untuk lebih

jelasnya, *overview* tersebut dapat dilihat pada video yang terlampir pada tautan berikut :  
[https://drive.google.com/file/d/1uyo6gEPB4L2uEvQ8erSCmdiFo5xUo3I\\_/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1uyo6gEPB4L2uEvQ8erSCmdiFo5xUo3I_/view?usp=sharing).

## 5.6 Pembahasan

Dalam pelaksanaan sebuah proyek konstruksi, biaya, mutu, dan waktu merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur keberhasilan proyek. Pengambilan keputusan juga menjadi faktor penting yang sangat mempengaruhi jalannya keberhasilan proyek konstruksi. Salah satu metode yang mendukung pengambilan keputusan tersebut adalah implementasi *Building Information Modeling* (BIM). Dalam tahap perencanaan, seringkali terdapat perbedaan kondisi dengan keadaan di lapangan saat memulai tahap pelaksanaan. Oleh karena itu, implementasi BIM bertujuan untuk mengintegrasikan data dan informasi secara menyeluruh, sehingga membantu mengidentifikasi potensi biaya yang diperlukan maupun yang dapat dioptimalkan.

Pada penelitian ini implementasi BIM dilakukan untuk *redesign half slab*. Berdasarkan hasil pengumpulan data pada tahap pelaksanaan penelitian didapatkan hasil seperti pada sub bab 5.1 yaitu mengenai data teknis pada proyek Infrastruktur Akses Jalan Jetty Kit Batang. Dari hasil data yang sudah didapatkan maka dilakukan *redesign half slab* untuk menentukan metode kerja pemasangan *half slab* yang optimal dari segi biaya dan waktu.

Pada tahap analisa teknis ini dilakukan analisa terkait metode kerja pemasangan, analisa biaya pemasangan, dan analisa waktu terkait pelaksanaan pekerjaan. Dari hasil analisa tersebut didapat tipe *half slab* yang dapat mempercepat pekerjaan *in-situ* lantai jembatan pada area EJ5 – EJ4 dengan durasi waktu 1 hari, EJ4 – EJ3 dengan durasi 11 hari, dan EJ3 – EJ2 dengan durasi 16 hari. Hasil dari analisa biaya pemasangan *half slab* dengan tipe ini tidak memerlukan biaya bekisting antar celah *half slab* dan mengurangi volume beton lantai jembatan. Total biaya pemasangan *half slab* diperoleh nilai total Rp. 172.015.360 dan biaya pekerjaan beton lantai jembatan Rp. 1.299.528.406.

Pada tahap *overview schedule* menggunakan *naviswork* dilakukan pembuatan *4d sequence* pada *half slab* eksisting dan *half slab redesign*. Pada *half slab* eksisting *start* pekerjaan dimulai dari pemasangan *half slab* pada area P1 – EJ5 pada tanggal 10 Mei 2024 dan berakhir pada pekerjaan sambungan antar *half slab* area EJ3 – EJ2 di tanggal 03 Juli 2024. Pada *half slab redesign start* pekerjaan

dimulai dari pemasangan *half slab* pada area P1 – EJ5 pada tanggal 10 Mei 2024 dan berakhir pada pekerjaan sambungan antar *half slab* area EJ3 – EJ2 di tanggal 02 Juli 2024.

Meskipun hasil penelitian menunjukkan bahwa *half slab redesign* dapat mempercepat proses konstruksi, terdapat indikasi bahwa biaya pengadaan *half slab redesign* lebih mahal dibandingkan *half slab* eksisting. Adapun kekurangan dari penelitian ini juga adalah belum adanya data perhitungan struktur yang detail pada penelitian ini menjadi salah satu kelemahan. Perhitungan struktur sangat penting dalam menentukan ketahanan dan keamanan *half slab* yang akan dipasang. Meskipun hasil penelitian menunjukkan bahwa *half slab redesign* dapat mempercepat proses konstruksi, terdapat hasil analisis bahwa biaya pengadaan *half slab redesign* lebih mahal dibandingkan *half slab* eksisting.

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis teknis pada pekerjaan pemasangan *half slab*, ditemukan bahwa pada area jalan yang lurus, desain ulang *half slab* dapat memangkas waktu pekerjaan pengecoran lantai jembatan sebesar 9 hari di area EJ5 – EJ4. Sementara itu, pada area jalan tikungan, desain ulang tersebut mampu mengurangi waktu pekerjaan pengecoran lantai jembatan sebesar 1 hari di area EJ4 – EJ3 dan EJ3 – EJ2.

Rencana anggaran biaya yang akan dikeluarkan pada model *half slab redesign* sebesar Rp. 4.221.200.440, lebih tinggi Rp. 27.350.749 dari model *half slab* eksisting. Pada model *half slab redesign* ini tidak memerlukan biaya bekisting untuk pekerjaan sambungan *half slab* sebesar Rp. 23.969.984 (bekisting 2x pakai) dan biaya pekerjaan beton lantai jembatan pada model *half slab redesign* sebesar Rp. 1.299.528 yang memangkas biaya sebesar Rp. 513.207.303 dari nilai total pekerjaan beton lantai jembatan dengan model *half slab* eksisting yang semula sebesar Rp. 1.812.735.709.

#### **6.2 Saran**

Berdasarkan tahapan analisis teknis pekerjaan yang telah dilaksanakan, terdapat beberapa hal yang sebaiknya dilakukan untuk analisis teknis terutama pada pekerjaan lantai jembatan setelah *half slab* terpasang, antara lain sebagai berikut.

1. Pada penelitian selanjutnya analisis pekerjaan lantai jembatan dapat dilakukan analisis lebih mendalam terhadap biaya dan penghematan.
2. Analisis metode kerja pekerjaan yang lebih efisien dari segi biaya dan waktu.

3. Studi tentang perbandingan kualitas konstruksi dan pemeliharaan pada model *half slab* eksisting dan *half slab redesign*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Autodesk (2021). Navisworks Products Overview. United States.*
- Bambang Dwi Mulyanto (2023). Analisis Percepatan Pelaksanaan Proyek dengan Metode Crashing pada Proyek Jembatan Mlaten Kedungpedaringan Kepanjen Kabupaten Malang. Malang: Institut Teknologi Nasional Malang.
- Department of Digital Architecture and Urban Engineering, Hanyang Cyber University, 2023).
- Enda dan Destriyana (2022). Penerapan Metode Building Information Modeling (BIM) Pada Pekerjaan Struktural Gedung Kuliah Terpadu Iii (Gkt Iii) Politeknik Negeri Bengkalis. Bengkalis: Politeknik Negeri Bengkalis.
- Ervianto, W. I. (2004). *Teori Apikasi Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Pusat Pendidikan Dan Pelatihan Sumber Daya Air Dan Konstruksi (2018). *Pelatihan Perencanaan Konstruksi Dengan Sistem Teknologi Building Information Modeling (BIM)*. Jakarta: Pusdiklat SDA dan Konstruksi.
- Khatimi dan Pardosi (2022). *Implementasi Building Information Modeling 4D (Studi Kasus: Proyek Lanjutan Pembangunan Gedung Kantor Sekretariat Daerah Kabupaten Tapin)*. Kalimantan Selatan: Universitas Lambung Mangkurat.
- Kim, dkk (2023). *Quantitative Impact Analysis of Priority Policy Applied to BIM-Based Design Validation. Republic of Korea : Hanyang Cyber University.*
- M. Shidqul Aziz (2019). *Analisis Percepatan Waktu Pelaksanaan Proyek Dengan Metode Fast Track Dan Time Cost Trade Off Pada Pembangunan Rumah Sakit Umum Muhammadiyah Ponorogo*. Malang : Institut Teknologi Nasional Malang.
- M Taqwa Sitompul (2018). *Penerapan Metode Monte Carlo Pada Penjadwalan Proyek Konstruksi*. Medan: Universitas Sumatera Utara.

- Nemetscheck Allplan Systems (2013). *Allplan 2014 Engineering Tutorial. Munich.*
- Nurhayati. (2010). *Manajemen Proyek* (Pertama ed.). Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia (2020). *Perubahan Ketiga Atas Peraturan Presiden Nomor 3 Tahun 2016 Tentang Percepatan Pelaksanaan Pelaksanaan Proyek Strategis Nasional.* Jakarta : Presiden Republik Indonesia.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia (2022). *Percepatan Investasi Melalui Pengembangan Kawasan Industri Terpadu Batang Di Provinsi Jawa Tengah.* Jakarta : Presiden Republik Indonesia
- Piranusa (2022). *Dimensi BIM 2D, 3D, 4D, 5D, 6D dan 7D.* <https://www.piranusa.com/dimensi-bim/>.
- Pratama dan Ghuzdewan (2019). *Percepatan Proyek (Project Crashing) Dengan Alternatif Penambahan Jam Kerja V.S. Penambahan Jumlah Tenaga Kerja Dan Pengaruhnya Terhadap Biaya (Studi Kasus Bangunan Gedung Learning Centre Fakultas Ekonomika Dan Bisnis Universitas Gadjah Mada.* Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Saragi dan Situmorang (2022). *Optimasi Waktu Dan Biaya Percepatan Proyek Menggunakan Metode Time Cost Trade Off Dengan Alternatif Penambahan Tenaga Kerja dan Jam Kerja (Lembur).* Medan: Universitas HKBP Nommensen Medan.
- Salasa, dkk (2023). *Optimasi Waktu dan Biaya Pelaksanaan Proyek Jalan dengan Metode Crash Program (Studi Kasus: Pemeliharaan Jalan Kecamatan Tenggarong Seberang dan Tenggarong.* Samarinda: Politeknik Negeri Samarinda.
- Sirat Muhidin (2006). *Penelitian Tindak Kelas.* Jakarta: Gaung Persada.
- The American Institute of Architects* (2014). *Integrated Project Delivery: A Guide, America.*
- Yudha Andika Pratama (2020). *Analisis Penjadwalan Proyek Dengan Metode PERT (Studi Kasus Proyek Pembangunan dan Renovasi Komplek Bangunan Gedung Taman Budaya Kota Bengkulu).* Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Zhou, dkk (2023). *Simulation of the Construction of a Swivel Bridge Using BIM 4D.* China University of Geosciences, Wuhan, China.



