



TUGAS AKHIR--RC14-1501

**PERENCANAAN PENJADWALAN DENGAN APLIKASI  
BIM MENGGUNAKAN ANALISA PROBABILISTIK  
( STUDI KASUS PROYEK JEMBATAN BEDADUNG )**

GABRIEL HENRY  
NRP. 0311154000077

Dosen Pembimbing I  
Supani, ST., MT.

Dosen Pembimbing II  
Tri Joko Wahyu Adi, ST., MT., PhD

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2019



TUGAS AKHIR--RC14-1501

**SCHEDULING PLANNING WITH BIM APPLICATIONS  
USING PROBABILISTIC ANALYSIS ( CASE STUDY OF  
BEDADUNG BRIDGE PROJECT )**

GABRIEL HENRY  
NRP. 0311154000077

Dosen Pembimbing I  
Supani, ST., MT.

Dosen Pembimbing II  
Tri Joko Wahyu Adi, ST., MT., PhD

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2019



**PERENCANAAN PENJADWALAN DENGAN  
APLIKASI BIM MENGGUNAKAN ANALISA  
PROBABILISTIK (STUDI KASUS PROYEK  
JEMBATAN BEDADUNG)**

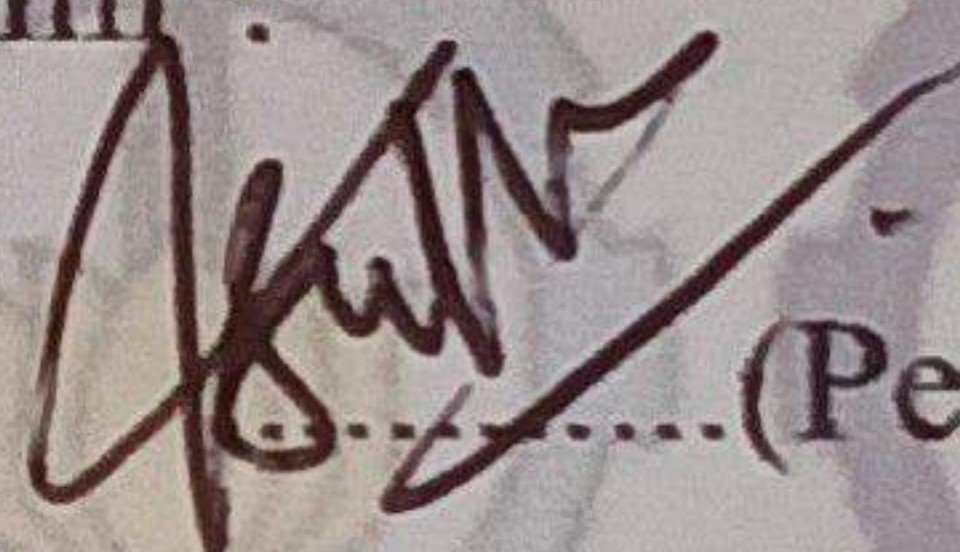
**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

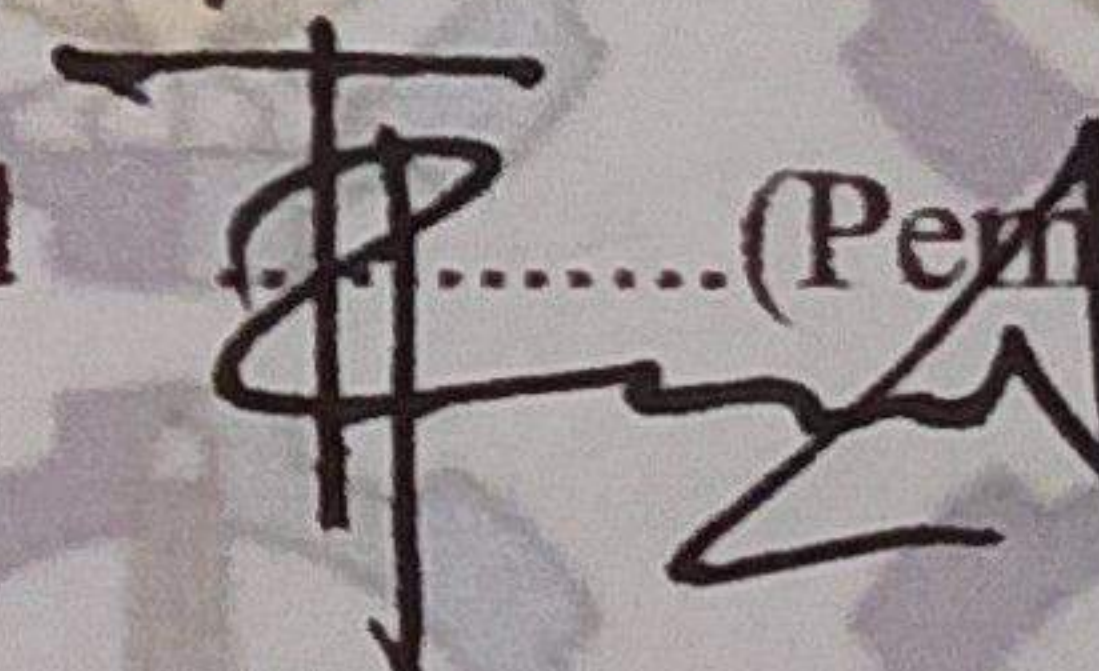
Oleh:  
**GABRIEL HENRY**  
NRP. 0311154000077

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Supani, ST. MT

.....(Pembimbing I)

2. Tri Joko Wahyu Adi, ST. MT. Phd

.....(Pembimbing II)

**SURABAYA  
JANUARI, 2020**



# **PERENCANAAN PENJADWALAN DENGAN APLIKASI BIM MENGGUNAKAN ANALISA PROBABILISTIK (STUDI KASUS PROYEK JEMBATAN BEDADUNG)**

**Nama Mahasiswa** : Gabriel Henry  
**NRP** : 0311154000077  
**Jurusan** : Teknik Sipil FTSLK – ITS  
**Dosen Pembimbing** : 1. Supani, ST. MT  
2. Tri Joko Wahyu Adi, ST. MT. Phd

## **Abstrak**

*Perencanaan penjadwalan umumnya dibuat secara manual sehingga hasil penjadwalan dapat terjadi perbedaan dengan desain. Untuk membuat jadwal yang terintegrasi dengan rancangan desain dapat menggunakan aplikasi BIM, namun penjadwalan BIM bersifat deterministik. Untuk penjadwalan probabilistik dapat menggunakan metode PERT sebagai analisa probabilistiknya.*

*Pada Tugas Akhir ini dilakukan modeling Proyek pembangunan Jembatan Bedadung pada aplikasi BIM berupa Tekla Structures dan dilakukan penjadwalan pada BIM menggunakan dua macam metode pelaksanaan, metode Service Crane dan metode Launcher Girder. Setelah dilakukan penjadwalan, maka dilakukan analisa probabilistik menggunakan Microsoft Project.*

*Dari hasil analisa yang dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa jadwal dengan metode Service Crane dan Launcher Girder perlu dilakukan iterasi penjadwalan dengan durasi 843 hari untuk metode service crane dan 853 hari untuk Launcher Girder agar memiliki tingkat keyakinan 75%.*

***Kata Kunci : Penjadwalan, BIM, PERT, Microsoft Project***

**SCHEDULING PLANNING WITH BIM  
APPLICATIONS USING PROBABILISTIC  
ANALYSIS (CASE STUDY OF BEDADUNG BRIDGE  
PROJECTS)**

**Nama Mahasiswa** : Gabriel Henry  
**NRP** : 0311154000077  
**Jurusan** : Civil Engineering FTSLK -  
ITS  
**Consultation Lecturer:** 1. Supani, ST. MT  
2. Tri Joko Wahyu Adi, ST.  
MT. PhD

**Abstract**

*Scheduling planning is generally made manually so that scheduling results can occur with design differences. To make a schedule that is integrated with the design, you can use the BIM application, but the BIM scheduling is deterministic. For probabilistic scheduling, the PERT method can be used as a probabilistic analysis.*

*In this final project, the Bedadung Bridge construction project modeling is done on the BIM application in the form of Tekla Structures and scheduling at BIM using two kinds of implementation methods, Service Crane method and Launcher Girder method. After scheduling the probabilistic analysis using Microsoft Project.*

*From the results of the analysis it was concluded that the schedule with the Service Crane and Launcher Girder methods needs to be done iterating scheduling with a duration of 843 days for the service crane method and 853 days for the Launcher Girder to have a 75% confidence level.*

**Keywords:** *Scheduling, BIM, PERT, Microsoft Project*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan YME atas segala berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Perencanaan Penjadwalan Dengan Aplikasi BIM Menggunakan Analisa Probabilistik (Studi Kasus Proyek Jembatan Bedadung) ” seperti yang diharapkan. Tugas Akhir ini disusun penulis dalam rangka memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik di jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan banyak bimbingan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua, Ibu Elly Winarse dan Bapak Hasan Daniel atas segala bimbingan, semangat dan doanya.
2. Bapak Supani S.T., M.T. dan Bapak Tri Joko Wahyu Adi S.T., M.T., PhD selaku dosen pembimbing dalam penulisan Tugas Akhir ini yang sepenuh hati membimbing, mengarahkan, dan memberikan saran dengan sabar untuk penulis.
3. Bapak dan Ibu Dosen jurusan Teknik Sipil FTSLK ITS Surabaya yang tidak mungkin disebutkan satu persatu, atas ketekunan memberikan ilmu-ilmu yang sangat bermanfaat.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kesalahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini, oleh karena itu penulis mengharap saran dan kritik agar lebih baik lagi di masa mendatang.

Surabaya, 24 Januari 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	i
<b>ABSTRAK</b> .....	ii
<b>ABSTRACT</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1. Manajemen Konstruksi.....	5
2.2. Penjadwalan.....	6
2.3. BIM ( <i>Building Information Modeling</i> ).....	8
2.4. <i>Tekla Structures</i> .....	10
2.5. Penjadwalan <i>Tekla Structures</i> .....	13

2.6.	PERT ( <i>Programme Evaluation and Review Technique</i> )	14
2.7.	Metode <i>Erection Girder</i> Dengan <i>Launcher Girder</i> .....	18
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>		<b>21</b>
3.1.	Gambaran Studi Kasus .....	21
3.2.	Diagram Alir Tugas Akhir .....	22
3.3.	Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir.....	23
<b>BAB IV DATA DAN PENGOLAHAN DATA .....</b>		<b>25</b>
4.1.	Gambaran Umum Proyek .....	27
4.2.	Metodologi Pengerjaan Jembatan.....	29
4.3.	Analisa Produktivitas .....	41
<b>BAB V PEMODELAN DAN PENJADWALAN .....</b>		<b>47</b>
5.1.	<i>Modeling</i> Struktur.....	47
5.2.	<i>Modeling</i> Penjadwalan Deterministik BIM.....	50
5.3.	<i>Modeling</i> Probabilistik .....	52
5.4.	Hasil dan Analisa.....	53
5.4.1.	Hasil metode <i>service crane</i> .....	53
5.4.2.	Metode <i>Launcher Girder</i> .....	53
5.4.3.	Analisa.....	54
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>55</b>
6.1.	Pemodel Konstruksi dan Penjadwalan pada BIM.....	55
6.2.	Analisa PERT menggunakan <i>Microsoft Project</i> .....	55
6.3.	Kemungkinan Pekerjaan Selesai Tepat Waktu.....	56
6.4.	Saran.....	56



<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	57
<b>LAMPIRAN</b> .....	59
<b>BIODATA PENULIS</b> .....	85



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Model BIM.....	9
<b>Gambar 2.2</b> Project Properties .....	11
<b>Gambar 2.3</b> <i>Catalogs</i> .....	11
<b>Gambar 2.4</b> Menu Baja dan Beton.....	12
<b>Gambar 2.5</b> Contoh <i>Drawing</i> .....	12
<b>Gambar 2.6</b> <i>Task Manager</i> .....	13
<b>Gambar 2.7</b> Jenis Pekerjaan.....	13
<b>Gambar 2.8</b> Contoh <i>Export Jadwal</i> .....	14
<b>Gambar 2.9</b> Distribusi Normal.....	16
<b>Gambar 2.10</b> <i>Launcher Girder</i> .....	18
<b>Gambar 3.1</b> Lokasi Jembatan.....	21
<b>Gambar 3.2</b> Jembatan Bedadung .....	22
<b>Gambar 3.3</b> Diagram Alir .....	22
<b>Gambar 4.1</b> Tampak Memanjang Jembatan .....	28
<b>Gambar 4.2</b> Tampak Melintang Jembatan .....	28
<b>Gambar 4.3</b> Potongan <i>Girder</i> .....	29
<b>Gambar 4.4</b> A1.....	35
<b>Gambar 4.5</b> A2.....	35
<b>Gambar 4.6</b> P1 .....	36
<b>Gambar 4.7</b> P2 .....	36
<b>Gambar 4.8</b> P3 .....	36
<b>Gambar 4.9</b> P4 .....	36
<b>Gambar 4.10</b> P5 .....	37
<b>Gambar 4.11</b> <i>Girder</i> A1P1.....	37
<b>Gambar 4.12</b> <i>Girder</i> P1P2 .....	37
<b>Gambar 4.13</b> <i>Girder</i> P2P3 .....	37



<b>Gambar 4.14</b> Girder P3P4 .....	38
<b>Gambar 4.15</b> Girder P4P5 .....	38
<b>Gambar 4.16</b> Girder P5A1.....	38
<b>Gambar 4.17</b> Plat A1P1 .....	39
<b>Gambar 4.18</b> Plat P1P2.....	39
<b>Gambar 4.19</b> Plat P2P3.....	39
<b>Gambar 4.20</b> Plat P3P4.....	40
<b>Gambar 4.21</b> Plat P4P5.....	40
<b>Gambar 4.22</b> Plat P5A2 .....	40
<b>Gambar 5.1</b> Volume Pekerjaan.....	50
<b>Gambar 5.2</b> Jadwal.....	51
<b>Gambar 5.3</b> Contoh pemodelan Probabilistik .....	52



## DAFTAR TABEL

<b>Table 2.1</b> Distribusi Normal .....	16
<b>Table 2.2</b> Distribusi Normal 2 .....	17
<b>Tabel 4.1</b> Data Proyek .....	27
<b>Tabel 4.2</b> WBS Metode <i>Launcher Girder</i> .....	31
<b>Tabel 4.3</b> WBS Metode <i>Service Crane</i> .....	32
<b>Tabel 4.4</b> Urutan Pengerjaan .....	35
<b>Tabel 4.5</b> Produktivitas .....	42
<b>Tabel 5.1</b> Proses Input .....	47



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Durasi Metode <i>Service Crane</i> .....	60
Lampiran 2: Durasi Metode Launcher .....	65
Lampiran 3: Hasil Analisa PERT Metode <i>Service Crane</i> .....	70
Lampiran 4: Hasil Analisa PERT Metode Launcher.....	71
Lampiran 5: Data Durasi dari <i>Expert</i> .....	72
Lampiran 6 : Contoh Tabel Pengambilan Data dari <i>Expert</i> .....	73
Lampiran 7 : Tampak Atas Jembatan Bedadung.....	74
Lampiran 8 : Tampak Samping Jembatan Bedadung.....	75
Lampiran 9 : Model Jembatan Bedadung.....	76
Lampiran 10 : Abutment dan Pilar .....	77
Lampiran 11 : Schedule BIM .....	83



(“Halaman ini sengaja dikosongkan”)



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Perancangan konstruksi merupakan tahap mendesain sebuah bangunan, generasi terdahulu merancang secara manual menggunakan kertas dan sekarang dengan perkembangan teknologi, maka perancangan konstruksi dilakukan menggunakan CAD (*Computer Aided Design*). Dengan CAD desain yang dibuat adalah berupa gambar 2 dimensi atau 3 dimensi yang pada dasarnya sama dengan desain di kertas. Idealnya hasil desain mencakup informasi-informasi lainnya berupa laporan dan data, sehingga bila terjadi perubahan pada desain, maka laporan dan data yang ada akan berubah sesuai dengan desain yang baru.

Sebagai solusinya, maka dapat menggunakan BIM (*Building Information Modeling*). Model digital dari BIM memiliki wujud, geometrik, dan informasi yang menggambarkan desain bangunan sesungguhnya. Model ini berupa objek digital, bukan hanya sekedar kumpulan garis geometrik. Satu model dalam BIM merupakan sebuah *database* yang dapat mengeluarkan seluruh informasi yang dibutuhkan dalam merencanakan suatu konstruksi, mulai dari tampak, denah, detail, *scheduling*, dan informasi lainnya. Karena model BIM merupakan suatu kesatuan, maka perubahan pada salah satu data akan langsung teraplikasikan ke seluruh model, sehingga bila terjadi perubahan dalam desain, maka laporan dan data yang ada akan ikut berubah sesuai dengan desain yang baru. Dengan BIM laporan-laporan dapat dibuat secara otomatis dan terintegrasi, seperti dalam pembuatan *schedule* konstruksi. Dalam penyusunan *schedule* menggunakan BIM dapat terlihat dengan jelas objek mana



yang dikerjakan sehingga bila terjadi perubahan desain seperti perubahan jumlah objek atau volume objek, maka dengan otomatis *schedule* akan menyesuaikan dengan volume desain yang baru.

Hasil dan informasi yang didapat dari BIM bersifat deterministik yang mana seluruh variabel bersifat pasti, sesuai dengan data yang dimasukkan. Dalam *scheduling* menggunakan BIM, durasi pengerjaan tiap objek akan mengikuti data yang ditentukan sebelumnya. Nyatanya dalam praktik konstruksi ada variabel-variabel yang bersifat tidak pasti atau probabilistik. Oleh karena itu dalam perancangan metode konstruksi dan *scheduling*, data yang didapat dari BIM perlu diintegrasikan dengan model probalistik agar dapat menggambarkan kondisi sesungguhnya dengan menggunakan analisis probabilistik.

Analisis probabilistik dapat dilakukan dengan menggunakan program bantu *Microsoft Project*. Dari penjadwalan yang dilakukan pada BIM akan diolah pada *Microsoft Project* menggunakan metode PERT (*Programme Evaluation and Review Technique*) untuk mengetahui berapa besar kemungkinan jadwal yang dibuat untuk selesai tepat waktu.

Karena itu penelitian ini menerapkan model probalistik terhadap model BIM agar dapat menggambarkan dan memprediksi pekerjaan konstruksi yang akan dilaksanakan secara real atau sesuai dengan aslinya, sehingga perencana dapat mengetahui berapa besar kredibilitas suatu jadwal.

## 1.2. Rumusan Masalah

Adapun masalah yang akan dijawab dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Bagaimana membuat model konstruksi dengan menggunakan BIM yang menampilkan urutan pekerjaan dan *schedule*?
2. Bagaimana menerapkan metode PERT pada *Microsoft Project*?



3. Berapa besar kemungkinan pekerjaan selesai tepat waktu sesuai dengan skenario yang dibuat?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Membuat model konstruksi menggunakan BIM yang menampilkan urutan pekerjaan dan *schedule*-nya.
2. Menerapkan metode PERT pada *Microsoft Project*.
3. Mengetahui seberapa besar kemungkinan pekerjaan selesai tepat waktu sesuai dengan skenario yang dibuat.

### **1.4. Batasan Masalah**

Untuk membatasi dari lingkup Tugas Akhir ini, maka ditetapkan batasan sebagai berikut:

1. Jadwal dibuat dengan dua skenario, pertama menggunakan metode pengerjaan *Launcher Girder* dan kedua menggunakan *Service Crane*.
2. Aplikasi BIM yang digunakan adalah *Tekla Structures*.
3. Pekerjaan yang direncanakan hanyalah pekerjaan struktur.
4. Tidak dilakukan validasi hasil penjadwalan antara satu metode dengan yang lain.

### **1.5. Manfaat Penelitian**

Menjadi panduan dan pedoman dalam merancang dan merencanakan penjadwalan konstruksi dengan BIM secara nyata dengan menggunakan metode PERT.



("Halaman ini sengaja dikosongkan")



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Manajemen Konstruksi**

Proyek adalah suatu usaha untuk mencapai tujuan tertentu dengan batasan waktu dan sumber daya. Pengertian proyek konstruksi sendiri adalah suatu usaha untuk mencapai suatu hasil berupa bangunan atau infrastruktur. Dalam praktiknya proyek konstruksi umumnya mencakup pekerjaan teknik sipil dan arsitektural, selain itu juga dapat melibatkan pekerjaan lain seperti teknik industri, teknik mesin, teknik elektro, dan sebagainya.

Manajemen proyek konstruksi adalah penerapan dari perencanaan, pelaksanaan, dan penerapan secara sistematis pada sebuah proyek konstruksi dengan menggunakan waktu dan sumber daya secara efektif dan efisien agar tujuan proyek tercapai dengan optimal. Manajemen konstruksi meliputi mutu fisik, biaya, dan waktu konstruksi. Manajemen perencanaan meliputi manajemen material dan manajemen tenaga kerja. Manajemen pelaksanaan meliputi pengendalian waktu dan biaya proyek.

Fungsi dari manajemen konstruksi adalah:

1. Sebagai *Quality Control* untuk memastikan hasil pelaksanaan sesuai dengan rencana.
2. Mengantisipasi perubahan yang terjadi di lapangan dan mengatasi keterbatasan waktu pelaksanaan.
3. Memantau kemajuan proyek dengan membuat laporan harian, mingguan, dan bulanan.
4. Menjadi pedoman dalam pengambilan keputusan untuk menyelesaikan masalah yang muncul dalam proyek konstruksi.
5. Menganalisis performa yang terjadi di lapangan.



Tahap-tahap dalam manajemen proyek konstruksi adalah:

1. Tahap *Feasibility Study*

Suatu analisis dari data yang ada untuk mengetahui apakah suatu proyek dapat terwujud sesuai dengan kebutuhan dan sasaran dalam kondisi yang nyata ada.

2. Tahap Perencanaan.

Melakukan perencanaan sesuai dengan ketentuan dan menghasilkan dokumen gambar dan spesifikasi .

3. Tahap pemilihan pelaksana

Dilakukan dengan cara tender atau negosiasi, pekerjaan dapat diserahkan seluruhnya kepada satu kontraktor atau dibagi menjadi beberapa bagian ke beberapa kontraktor spesialis.

4. Tahap Pelaksanaan Konstruksi

Pihak kontraktor melaksanakan pekerjaan konstruksi dan perencana melakukan kontrol terhadap pelaksanaan gambar dan spesifikasi yang sudah ditetapkan.

5. Tahap pemanfaatan

Bila pekerjaan telah selesai , bangunan diserahkan pada owner. Serah terima dilakukan dalam dua tahap yaitu, pada saat bangunan selesai dan setelah selesai masa pemeliharaan.

## 2.2. Penjadwalan

Manajemen waktu pada suatu proyek (*Project Time Management*) memasukkan semua proses yang dibutuhkan dalam upaya untuk memastikan waktu penyelesaian proyek (PMI, 2000). Ada lima proses utama dalam manajemen waktu proyek, yaitu:

1. Pendefinisian Aktivitas

Merupakan proses identifikasi semua aktivitas spesifik yang harus dilakukan dalam rangka mencapai seluruh tujuan dan sasaran proyek (*project deliverables*). Dalam proses ini dihasilkan pengelompokan semua aktivitas yang menjadi ruang lingkup proyek dari level



tertinggi hingga level yang terkecil atau disebut *Work Breakdown Structure* (WBS).

## 2. Urutan Aktivitas

Proses pengurutan aktivitas melibatkan identifikasi dan dokumentasi dari hubungan logis yang interaktif. Masing-masing aktivitas harus diurutkan secara akurat untuk mendukung pengembangan jadwal sehingga diperoleh jadwal yang realistis. Dalam proses ini dapat digunakan alat bantu komputer untuk mempermudah pelaksanaan atau dilakukan secara manual. Teknik secara manual masih efektif untuk proyek yang berskala kecil atau di awal tahap proyek yang berskala besar, yaitu bila tidak diperlukan pendetailan yang rinci.

## 3. Estimasi Durasi Aktivitas

Estimasi durasi aktivitas adalah proses pengambilan informasi yang berkaitan dengan lingkup proyek dan sumber daya yang diperlukan yang kemudian dilanjutkan dengan perhitungan estimasi durasi atas semua aktivitas yang dibutuhkan dalam proyek yang digunakan sebagai input dalam pengembangan jadwal. Tingkat akurasi estimasi durasi sangat tergantung dari banyaknya informasi yang tersedia.

## 4. Pengembangan Jadwal

Pengembangan jadwal berarti menentukan kapan suatu aktivitas dalam proyek akan dimulai dan kapan harus selesai. Pembuatan jadwal proyek merupakan proses iterasi dari proses input yang melibatkan estimasi durasi dan biaya hingga penentuan jadwal proyek.

## 5. Pengendalian Jadwal

Pengendalian jadwal merupakan proses untuk memastikan apakah kinerja yang dilakukan sudah sesuai dengan alokasi waktu yang sudah direncanakan. Hal yang perlu diperhatikan dalam pengendalian jadwal adalah:



- a. Pengaruh dari faktor-faktor yang menyebabkan perubahan jadwal dan memastikan perubahan yang terjadi disetujui.
- b. Menentukan perubahan dari jadwal.
- c. Melakukan tindakan bila pelaksanaan proyek berbeda dari perencanaan awal proyek.

### **2.3. BIM (*Building Information Modeling*)**

*Building information modeling* (BIM) adalah proses yang didukung oleh berbagai alat dan teknologi yang melibatkan pembuatan dan pengelolaan representasi digital dari karakteristik fisik dan fungsional tempat. *Building information models* (BIMs) adalah *file* (sering tetapi tidak selalu dalam format berpemilik dan berisi data kepemilikan) yang dapat diekstraksi, dipertukarkan, atau jaringan untuk mendukung pengambilan keputusan mengenai aset yang dibangun. Perangkat lunak BIM saat ini digunakan oleh individu, bisnis, dan lembaga pemerintah yang merencanakan, merancang, membangun, mengoperasikan, dan memelihara beragam infrastruktur fisik, seperti air, sampah, listrik, gas, utilitas komunikasi, jalan, kereta api, jembatan, pelabuhan, dan terowongan.

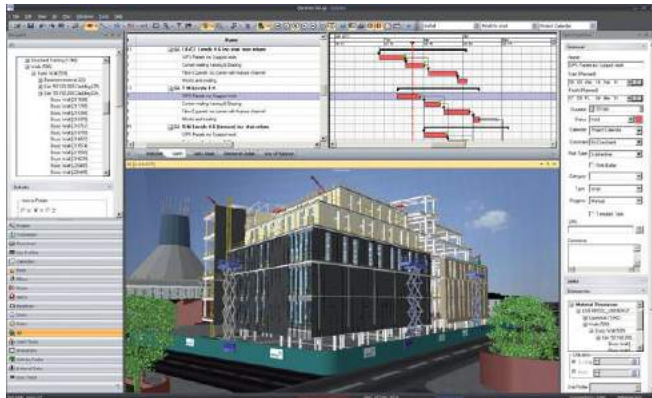
Alat perangkat lunak pertama yang dikembangkan untuk memodelkan bangunan muncul pada akhir 1970-an dan awal 1980-an, dan termasuk produk *workstation* seperti *Chuck Eastman Building Description System* dan *GLIDE*, *RUCAPS*, *Sonata*, *Reflex* dan *Gable 4D Series*. Aplikasi masih sederhana, dan perangkat keras yang diperlukan untuk menjalankannya mahal. Hal tersebut yang membatasi adopsi luas. *ArchiCAD's Radar CH*, dirilis pada tahun 1984 adalah perangkat lunak pemodelan pertama yang tersedia di komputer pribadi.

Karena kerumitan dalam mengumpulkan semua informasi yang relevan ketika bekerja dengan BIM pada proyek pembangunan, beberapa perusahaan telah mengembangkan perangkat lunak yang dirancang khusus untuk bekerja dalam kerangka kerja BIM. Paket-paket ini berbeda dari alat



perancangan arsitektur seperti *AutoCAD* dengan memungkinkan penambahan informasi lebih lanjut (waktu, biaya, detail pabrikaan, informasi keberlanjutan dan pemeliharaan, dll.) ke model bangunan.

BIM dapat menjembatani kehilangan informasi yang terkait dengan penanganan proyek dari tim desain, tim konstruksi dan pemilik / operator bangunan, dengan memungkinkan setiap kelompok untuk menambah dan merujuk kembali ke semua informasi yang mereka peroleh selama periode kontribusi mereka ke model BIM. Ini dapat menghasilkan manfaat bagi pemilik atau operator fasilitas.



**Gambar 2.1** Model BIM

Sumber: leanconstructionblog.com

Misalnya, pemilik gedung dapat menemukan bukti kebocoran di gedungnya. Daripada menjelajahi bangunan fisik, ia dapat beralih ke model dan melihat bahwa katup air terletak di lokasi yang dicurigai. Seperti dapat di lihat pada **Gambar 2.1**, jadwal yang dibuat pada BIM akan terhubung dengan model BIM



#### 2.4. *Tekla Structures*

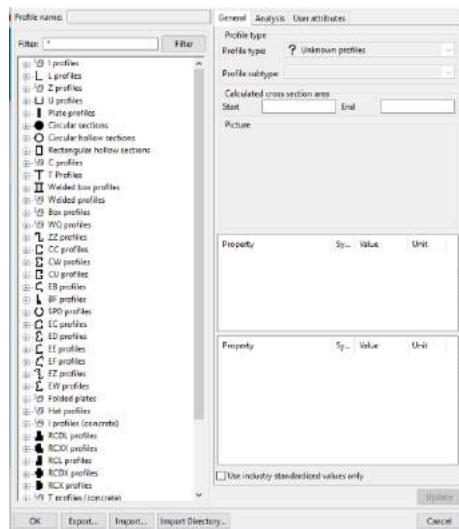
*Tekla Structures* merupakan aplikasi yang menerapkan konsep BIM. Kelebihan dari *Tekla Structures* adalah model yang dibuat dapat memiliki parameter-parameter khusus yang tersusun tanpa memerlukan pemrograman. Kekurangan dari *Tekla Structures* sendiri adalah karena merupakan aplikasi yang sangat kompleks, maka membutuhkan keahlian yang cukup tinggi untuk dapat mengoperasikan *Tekla Structures* sepenuhnya (Eastman, 2008).

Ketika membuat model dalam *Tekla Structures*, pengguna membuat dan bekerja dengan berbagai macam jenis model objek. Model objek merupakan cerminan dari objek asli yang akan dibangun. Model objek sendiri dapat dibuat dalam model atau diambil dari *file* yang sudah ada (Trimble, 2017).

Dalam *Tekla Structures* ada berbagai macam menu dalam Menu Utama, yang membedakan dari Menu Utama pada aplikasi pada umumnya adalah menu *Project Properties* dan *Catalogs*. Dalam *Project Properties* berisi data umum model yang dikerjakan, seperti nomor proyek, nama proyek, nama pembangun, alamat, tanggal mulai dan selesai, dan informasi lainnya. *Catalogs* merupakan gudang informasi yang berisi macam-macam material, bentuk profil, baut, sambungan, dan tulangan. Gudang informasi yang ada bergantung pada *Environment* yang digunakan. *Environment* dapat diunduh di *website Tekla* dan dapat langsung digunakan, namun bila ada material atau profil yang belum ada dalam *Environment* dapat dibuat sendiri di dalam Menu *Catalogs*.



**Gambar 2.2** Project Properties  
Sumber: Aplikasi *Tekla Structures*



**Gambar 2.3** Catalogs

Sumber: Aplikasi *Tekla Structures*

*Catalogs* pada **Gambar 2.2** dan **Gambar 2.3** dapat dilihat bahwa BIM telah menyediakan pola profil untuk digunakan.

Jenis struktur yang dapat dimodelkan dengan tekla adalah baja dan beton. Dalam kategori baja, menu yang ada adalah

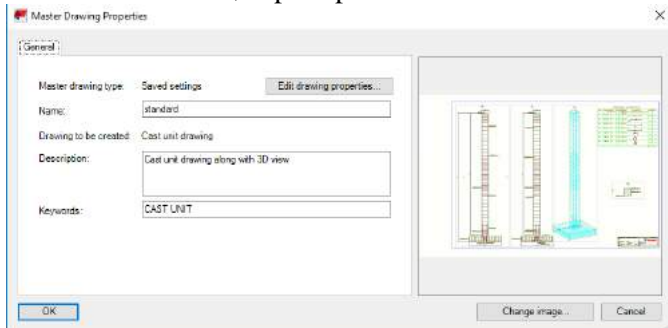


untuk membuat balok, kolom, baut dan las. Selain itu juga ada menu *Assembly* untuk menyatukan komponen baja yang akan di rakit bersama. Dalam kategori beton menu yang ada adalah untuk membuat balok, kolom, dinding beton, plat beton pondasi, dan tulangan. Selain itu juga ada menu *Cast Unit* yang digunakan untuk mengelompokkan objek yang akan dicor bersamaan, seperti pada **Gambar 2.4**.



**Gambar 2.4** Menu Baja dan Beton  
Sumber: Aplikasi *Tekla Structures*

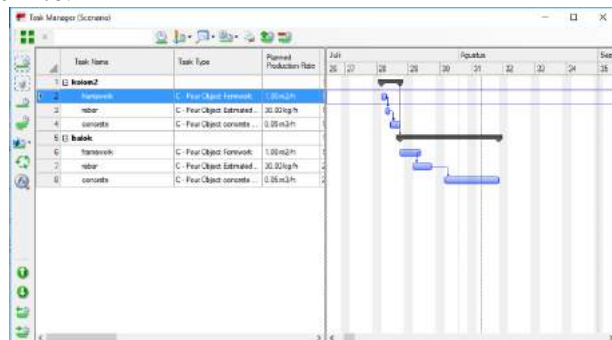
Untuk membuat gambar dan laporan dapat dilakukan dalam kategori menu *Drawing & Report*, gambar model yang dapat dibuat adalah *Single-part Drawing*, *Assembly Drawing*, *GA Drawing*, *Cast Unit Drawing*, dan *Catalog Drawing*. Selain membuat laporan dan gambar, dalam kategori ini terdapat menu *Clash Check* yang digunakan untuk menemukan error yang ada dalam model, seperti objek yang tumpang tindih. Untuk melakukan penjadwalan juga ada dalam kategori *Drawing & Report* dalam menu *Task*, seperti pada **Gambar 2.5**.



**Gambar 2.5** Contoh *Drawing*  
Sumber: Aplikasi *Tekla Structures*

## 2.5. Penjadwalan *Tekla Structures*

Penjadwalan dalam *Tekla Structures* dapat dilakukan di menu *Task* atau *Task Manager*. Dalam menu ini penjadwalan dapat dibuat dan dihubungkan dengan model yang sudah dibuat. Untuk menambahkan objek pada model ke jadwal dapat dilakukan dengan memilih objek kemudian klik kanan pada objek tersebut. Dalam kategori *Task* akan ada opsi *Create Task*. Setelah memilih *Create Task*, maka objek akan ditambahkan ke daftar kegiatan yang ada dalam *Task Manager*, seperti pada **Gambar 2.6**.



**Gambar 2.6** *Task Manager*

Sumber: Aplikasi *Tekla Structures*

Dalam *Task Manager* setiap pekerjaan dapat diatur jenis pekerjaannya. Jenis pekerjaan ini berhubungan dengan produktivitas pekerjaan tersebut. *Tekla Structures* sendiri telah menyediakan beberapa jenis pekerjaan, namun juga dapat ditambahkan sendiri secara manual.

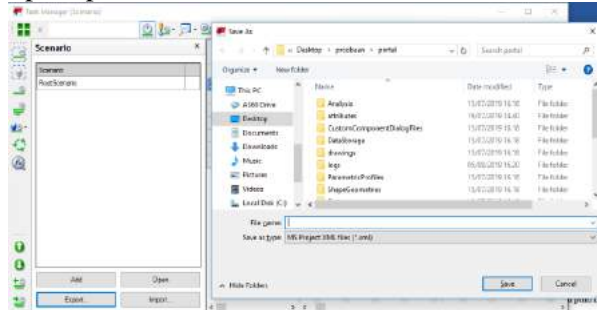
Task type	Unit	Quantity	Time	Production rate	Planned Start	Planned End Date	Actual Start Date	Actual End Date
C-Four Object Forework	POUP_REBAR	1	1h	1.00m3/h	PLANNED_STA	PLANNED_END_	ACTUAL_STAR	ACTUAL_END_
C-Four Object Estimated R...	POUP_REBAR_PE...	2000	8h	250.00kg/h	PLANNED_STA	PLANNED_END_	ACTUAL_STAR	ACTUAL_END_
C-Four Object concrete wo...	VOLUME	87	8h	10.88 m3/h	PLANNED_STA	PLANNED_END_	ACTUAL_STAR	ACTUAL_END_
E-Floor slab (Pre-cast)	AREA	50	1h	50.00 m2/h	PLANNED_STA	PLANNED_END_	ACTUAL_STAR	ACTUAL_END_
E-Precast column erection	PIECES	27	8h	3.38 pcs/h	PLANNED_STA	PLANNED_END_	ACTUAL_STAR	ACTUAL_END_
E-Precast wall window	PIECES	10	8h	1.88 pcs/h	PLANNED_STA	PLANNED_END_	ACTUAL_STAR	ACTUAL_END_
E-Steel column erection (col)	PIECES	12	8h	1.50 pcs/h	PLANNED_STA	PLANNED_END_	ACTUAL_STAR	ACTUAL_END_

**Gambar 2.7** Jenis Pekerjaan

Sumber: Aplikasi *Tekla Structures*



Hasil dari penjadwalan berbentuk *Gantt Chart* dapat di-*export* dalam bentuk *Microsoft Project*. Untuk menyimpan dalam bentuk *Microsoft Project* dapat dilakukan dengan memilih menu *Scenario* dalam *Task Manager* kemudian pilih *Export*, seperti pada **Gambar 2.8**.



**Gambar 2.8** Contoh *Export* Jadwal  
Sumber: Aplikasi *Tekla Structures*

## 2.6. PERT (*Programme Evaluation and Review Technique*)

PERT merupakan teknik analisa penjadwalan yang dibuat untuk menganalisa probabilitas yang terjadi pada penjadwalan. PERT pertama kali dikembangkan pada tahun 1956-58 untuk membantu perencanaan dan penjadwalan misil kapal selam nuklir milik angkatan laut Amerika Serikat yang mana mencakup ribuan pekerjaan. Teknik ini terbukti berguna untuk semua pekerjaan yang memiliki durasi tidak pasti seperti dalam proyek baru (Sharma, 2006).

Dengan menggunakan teknik PERT untuk melakukan analisa penjadwalan, maka dapat diperkirakan berapa persen kemungkinan suatu kegiatan dapat selesai tepat waktu. Selain itu, dengan teknik ini perencana juga dapat mengetahui berapa persen kemungkinan suatu pekerjaan terjadi keterlambatan. PERT digunakan karena perhitungan yang diperlukan tidak rumit dan mudah dimengerti.

Data yang diperlukan untuk melakukan analisa PERT adalah durasi paling optimis, durasi yang paling sering terjadi, dan durasi paling pesimis.

Langkah-langkah perhitungan PERT adalah sebagai berikut:

1. Menghitung rata-rata durasi pekerjaan, dengan durasi yang paling sering terjadi memiliki bobot empat kali dari durasi paling optimis dan durasi paling pesimis.

$$\text{Mean} = (\text{Durasi optimis} + 4 \text{ Durasi paling sering} + \text{Durasi pesimis})/6$$

**Persamaan 1** Rata – rata Distribusi Beta

2. Menghitung *Variance* dan Standar Deviasi.

$$\text{Variance} = (\text{Durasi Pesimis} - \text{Durasi Optimis})/6$$

$$\text{Standar Deviasi} = (\sqrt{\text{Variance}})$$

**Persamaan 2** *Variance*

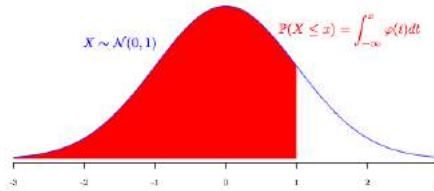
3. Untuk menghitung berapa persen kemungkinan kegiatan selesai sebelum X hari, maka, dicari distribusi normalnya.

$$Z(\text{Distribusi normal}) = \frac{X - \text{Mean}}{\sqrt{\text{Variance}}}$$

**Persamaan 3** Distribusi Normal

4. Dari distribusi normal mencari persentase luas diagram normal seperti pada **Gambar 2.9** untuk mendapatkan kemungkinan kegiatan selesai sebelum X hari distribusi normal dapat juga dilihat dari tabel distribusi normal seperti pada **Tabel 2.1** dan **Tabel 2.2**





**Gambar 2.9** Distribusi Normal

Sumber: *freakonometrics.hypotheses.org*

**Table 2.1** Distribusi Normal

	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990

Sumber: *freakonometrics.hypotheses.org*

Table 2.2 Distribusi Normal 2

<b>z</b>	<b>0</b>	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>	<b>0.03</b>	<b>0.04</b>	<b>0.05</b>	<b>0.06</b>	<b>0.07</b>	<b>0.08</b>	<b>0.09</b>
<b>-0</b>	.50000	.49601	.49202	.48803	.48405	.48006	.47608	.47210	.46812	.46414
<b>-0.1</b>	.46017	.45620	.45224	.44828	.44433	.44034	.43640	.43251	.42858	.42465
<b>-0.2</b>	.42074	.41683	.41294	.40905	.40517	.40129	.39743	.39358	.38974	.38591
<b>-0.3</b>	.38209	.37828	.37448	.37070	.36693	.36317	.35942	.35569	.35197	.34827
<b>-0.4</b>	.34458	.34090	.33724	.33360	.32997	.32636	.32276	.31918	.31561	.31207
<b>-0.5</b>	.30854	.30503	.30153	.29806	.29460	.29116	.28774	.28434	.28096	.27760
<b>-0.6</b>	.27425	.27093	.26763	.26435	.26109	.25785	.25463	.25143	.24825	.24510
<b>-0.7</b>	.24196	.23885	.23576	.23270	.22965	.22663	.22363	.22065	.21770	.21476
<b>-0.8</b>	.21186	.20897	.20611	.20327	.20045	.19766	.19489	.19215	.18943	.18673
<b>-0.9</b>	.18406	.18141	.17879	.17619	.17361	.17106	.16853	.16602	.16354	.16109
<b>-1</b>	.15866	.15625	.15386	.15151	.14917	.14686	.14457	.14231	.14007	.13786
<b>-1.1</b>	.13567	.13350	.13136	.12924	.12714	.12507	.12302	.12100	.11900	.11702
<b>-1.2</b>	.11507	.11314	.11123	.10935	.10749	.10565	.10383	.10204	.10027	.09853
<b>-1.3</b>	.09680	.09510	.09342	.09176	.09012	.08851	.08692	.08534	.08379	.08226
<b>-1.4</b>	.08076	.07927	.07780	.07636	.07493	.07353	.07215	.07078	.06944	.06811
<b>-1.5</b>	.06681	.06552	.06426	.06301	.06178	.06057	.05938	.05821	.05705	.05592
<b>-1.6</b>	.05480	.05370	.05262	.05155	.05050	.04947	.04846	.04746	.04648	.04551
<b>-1.7</b>	.04457	.04363	.04272	.04182	.04093	.04006	.03920	.03836	.03754	.03673
<b>-1.8</b>	.03593	.03515	.03438	.03362	.03288	.03216	.03144	.03074	.03005	.02938
<b>-1.9</b>	.02872	.02807	.02743	.02680	.02619	.02559	.02500	.02442	.02385	.02330
<b>-2</b>	.02275	.02222	.02169	.02118	.02068	.02018	.01970	.01923	.01876	.01831
<b>-2.1</b>	.01786	.01743	.01700	.01659	.01618	.01578	.01539	.01500	.01463	.01426
<b>-2.2</b>	.01390	.01355	.01321	.01287	.01255	.01222	.01191	.01160	.01130	.01101
<b>-2.3</b>	.01072	.01044	.01017	.00990	.00964	.00939	.00914	.00889	.00866	.00842
<b>-2.4</b>	.00820	.00798	.00776	.00755	.00734	.00714	.00695	.00676	.00657	.00639
<b>-2.5</b>	.00621	.00604	.00587	.00570	.00554	.00539	.00523	.00508	.00494	.00480
<b>-2.6</b>	.00466	.00453	.00440	.00427	.00415	.00402	.00391	.00379	.00368	.00357
<b>-2.7</b>	.00347	.00336	.00326	.00317	.00307	.00298	.00289	.00280	.00272	.00264
<b>-2.8</b>	.00256	.00248	.00240	.00233	.00226	.00219	.00212	.00205	.00199	.00193
<b>-2.9</b>	.00187	.00181	.00175	.00169	.00164	.00159	.00154	.00149	.00144	.00139
<b>-3</b>	.00135	.00131	.00126	.00122	.00118	.00114	.00111	.00107	.00104	.00100
<b>-3.1</b>	.00097	.00094	.00090	.00087	.00084	.00082	.00079	.00076	.00074	.00071
<b>-3.2</b>	.00069	.00066	.00064	.00062	.00060	.00058	.00056	.00054	.00052	.00050
<b>-3.3</b>	.00048	.00047	.00045	.00043	.00042	.00040	.00039	.00038	.00036	.00035
<b>-3.4</b>	.00034	.00032	.00031	.00030	.00029	.00028	.00027	.00026	.00025	.00024
<b>-3.5</b>	.00023	.00022	.00022	.00021	.00020	.00019	.00019	.00018	.00017	.00017
<b>-3.6</b>	.00016	.00015	.00015	.00014	.00014	.00013	.00013	.00012	.00012	.00011
<b>-3.7</b>	.00011	.00010	.00010	.00010	.00009	.00009	.00008	.00008	.00008	.00008
<b>-3.8</b>	.00007	.00007	.00007	.00006	.00006	.00006	.00006	.00005	.00005	.00005
<b>-3.9</b>	.00005	.00005	.00004	.00004	.00004	.00004	.00004	.00004	.00003	.00003
<b>-4</b>	.00003	.00003	.00003	.00003	.00003	.00003	.00002	.00002	.00002	.00002

Sumber: *ztable.net*



## 2.7. Metode *Erection Girder Dengan Launcher Girder*

*Launcher Girder* merupakan salah satu dampak positif dari kemajuan teknologi konstruksi. Metode ini bukanlah yang paling murah dalam pembangunan jembatan karena *Launcher Girder* membutuhkan analisa, keahlian, dan alat khusus dalam pelaksanaannya. Namun metode ini dapat menjadi solusi bila akses pelaksanaan sulit dan tidak boleh merusak lingkungan. (Mawariza, 2018).

Kelebihan dari metode ini adalah sebagai berikut:

- Tidak merusak lingkungan.
- Area kerja yang dibutuhkan tidak banyak.
- Tidak menutup akses di bawah bentang jembatan.
- Dapat dikerjakan di wilayah yang sulit seperti lembah, sungai, atau lereng gunung.



**Gambar 2.10** *Launcher Girder*

Sumber: [tribunnews.com](http://tribunnews.com)

*Launcher* akan dirakit di atas struktur seperti pada **Gambar 2.10**

Tahap pelaksanaan metode *Launcher Girder* adalah sebagai berikut:

1. *Setting* dan instalasi *launcher*  
*Launcher* dirakit dan diatur sebelum penggunaan.
2. Pengangkatan *Girder*  
*Launcher* digerakkan menuju tempat penumpukkan *girder*, kemudian *girder* yang sudah diikat dengan *sling* diangkat.

3. Penempatan *Girder*  
*Launcher* diluncurkan menuju titik penempatan *girder* dan distabilkan kemudian *girder* yang diangkut diletakkan.
4. Instalasi *Girder*  
Balok *girder* yang sudah ditempatkan, dipasang, dan diamankan.



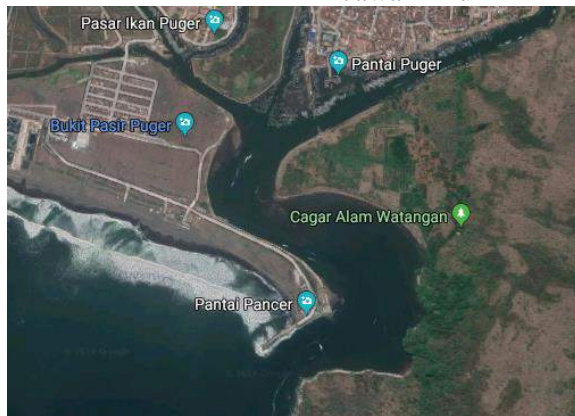
(“Halaman ini sengaja dikosongkan”)

## BAB III METODOLOGI

### 3.1. Gambaran Studi Kasus

Dalam studi kasus ini akan dilakukan penjadwalan dengan BIM Tekla Structures dengan menggunakan pendekatan probabilistik dengan metode PERT dan dengan alat bantu *Microsoft Project*. Studi kasus yang akan digunakan adalah Proyek Jembatan Bedadung. Data-data proyek studi kasus adalah sebagai berikut:

- a. Nama Proyek : Jembatan Bedadung
- b. Lokasi : Kali Bedadung, Puger, Jawa Timur

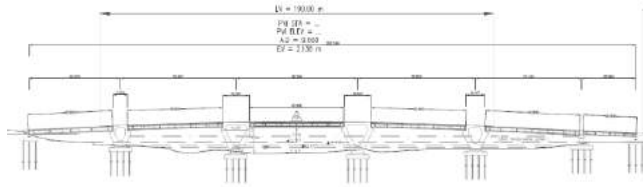


**Gambar 3.1** Lokasi Jembatan  
Sumber: *maps.google.com*

- c. Konsultan : PT.Aria Jasa Reksatama
- d. Jenis Pekerjaan : Pembangunan Jembatan
- e. Jenis Konstruksi : Jembatan
- f. Bentang Jembatan : 292 meter

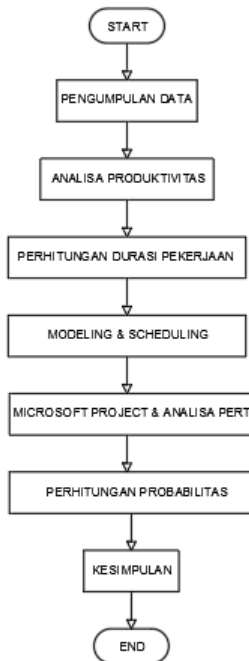


g. Gambar Jembatan :



**Gambar 3.2** Jembatan Bedadung  
Sumber: PT.Aria Jasa Reksatama

### 3.2. Diagram Alir Tugas Akhir



**Gambar 3.3** Diagram Alir

### 3.3. Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir

Pengerjaan Tugas Akhir ini akan dibagi menjadi beberapa tahap. Tahapan yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

#### 1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan terlebih dahulu. Data-data yang akan diambil untuk Tugas Akhir ini adalah:

1. Data-data konstruksi proyek Jembatan Bedadung berupa material konstruksi, metode konstruksi, dan gambar desain konstruksi.

Sumber data: diambil dari pihak Konsultan Perencana.

2. Durasi pekerjaan paling optimis, paling mungkin dan paling pesimis.

Sumber data: *Expert Judgement*.

3. Metode pengerjaan jembatan

Sumber data: Analisa Pemilihan Keputusan Metode Pelaksanaan *Erection PCI Girder* Dengan Metode *Fuzzy AHP* (Studi Kasus : *Fly Over* Perumahan Citra Harmoni, Trosobo Sidoarjo).

#### 2. Analisa Produktivitas

Melakukan analisa terhadap produktivitas dari setiap pekerjaan yang akan dilakukan. Produktivitas didapat dari koefisien produktivitas setiap pekerjaan dan jumlah pekerja untuk mendapat seberapa banyak pekerjaan yang dapat diselesaikan dalam satu waktu.

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{jumah pekerja}}{\div \text{koef produktivitas}}$$

#### **Persamaan 4** Produktivitas

Produktivitas = Satuan Volume Pekerjaan / Hari

Jumlah pekerja = Orang

Koef produktivitas = Orang Hari / Satuan Volume Pekerjaan

Dalam Tugas Akhir ini akan didapat dari *Expert Judgement*.



### 3. Perhitungan Durasi Pekerjaan

Melakukan perhitungan durasi setiap pekerjaan dengan menggunakan volume pekerjaan yang didapat dari desain konstruksi dan produktivitas tiap pekerjaan.

$$\text{Durasi} = \text{volume pekerjaan} \div \text{produktivitas}$$

#### **Persamaan 5** Durasi

Durasi = Hari

Produktivitas = Satuan Volume Pekerjaan / Hari

Volume Pekerjaan = Satuan Volume Pekerjaan

Dalam Tugas Akhir ini akan didapat dari BIM

### 4. *Modeling* dan *Schedulling*

Membuat model BIM menggunakan *Tekla Structures*. Membuat model 3 dimensi dengan data-data yang didapat sesuai dengan gambar konstruksi yang ada.

Ada pula langkah pemodelan sebagai berikut:

1. Membuat *Catalog* profil dan material yang akan digunakan
2. Membuat model objek jembatan
3. Menentukan material pada model objek
4. Membuat jenis pekerjaan pada *Task Manager*
5. Menghubungkan model objek dengan pekerjaan
6. Memberi jenis pekerjaan dan *predecessor* pada pekerjaan
7. Menyimpan *Schedule* dalam format *Microsoft Project*

### 5. *Microsoft Project* dan Analisa PERT

*File* yang didapat dari penjadwalan pada *Tekla Structures* dibuka pada *Microsoft Project* kemudian membuat analisa PERT. Ada pula langkah analisa pada *Microsoft Project* sebagai berikut:

1. Membuat 3 kolom baru di menu *Custom Fields*
  - i. Durasi Optimis
  - ii. Durasi Paling Mungkin
  - iii. Durasi Pesimis
2. Membuat kolom Durasi PERT dan masukkan formula:  

$$([\text{Durasi Optimis}] + ([\text{Durasi Paling Mungkin}] * 4) + [\text{Durasi Pesimis}]) / 6$$
 Seperti pada **Persamaan 1**
3. Membuat kolom *Variance* dan masukkan formula:  

$$([\text{Durasi Pesimis}] - [\text{Durasi Optimis}]) / 6$$
 Seperti pada **Persamaan 2**
4. Membuat Tampilan PERT dengan cara:  
*View > Tables > More Tables > New*  
 Masukkan kolom: ID, Name, Duration, Durasi Optimis, Durasi Paling Mungkin, Durasi pesimis, Durasi PERT, *Variance*, dan Standart Deviasi
5. Masukkan formula pada kolom *Duration*:  

$$[\text{Durasi PERT}]$$
6. Mencari jalur kritis, buka *view* dan pilih *Highlight* kemudian *Critical*
7. Perhitungan Probabilitas  
 Menghitung distribusi normal dari total durasi proyek, dengan target durasi pekerjaan sesuai dengan jadwal menggunakan **Persamaan 3**.
8. Mencari probabilitas selesainya pekerjaan sebelum target durasi pekerjaan dengan menggunakan Tabel Distribusi Normal
6. Kesimpulan  
 Dari Tugas Akhir akan ditarik kesimpulan yang menjawab:
  1. Bagaimana membuat model konstruksi dengan menggunakan BIM yang menampilkan urutan pekerjaan dan *schedule*?

2. Bagaimana menerapkan metode PERT pada *Microsoft Project*?
3. Berapa besar kemungkinan pekerjaan selesai tepat waktu sesuai dengan skenario yang dibuat.



## BAB IV DATA DAN PENGOLAHAN DATA

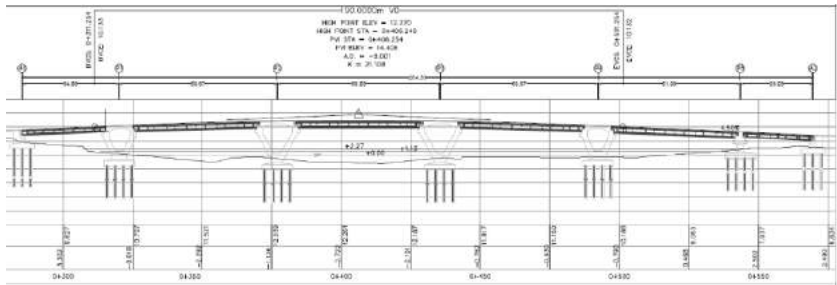
### 4.1. Gambaran Umum Proyek

Sebagai studi kasus Jembatan Bedadung dengan konsultan perencana PT. Aria Jasa Reksatama. Jembatan Bedadung akan dibangun di hilir kali Bedadung yang berhubungan dengan lautan. Jembatan Bedadung memiliki struktur utama berupa 2 Abutment dan 5 Pilar yang dihubungkan dengan balok *girder*. Data lengkap dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

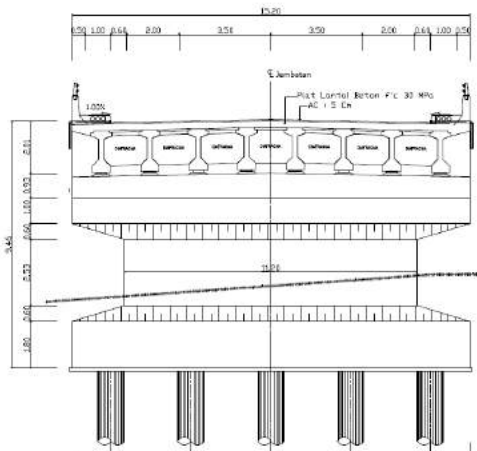
**Tabel 4.1** Data Proyek

Jenis Data	Keterangan
Nama	Jembatan Bedadung
Lokasi	Kali Bedadung, Puger, Jawa Timur
Konsultan	PT. Aria Jasa Reksatama
Jenis Pekerjaan	Pembangunan jembatan
Struktur Utama	2 Abutment
	5 Pilar
	48 Balok <i>Girder</i> Prategang
	Pelat Beton
Bentang Jembatan	292 meter

Pada proyek ini terdapat tiga jenis bentang yang dihubungkan oleh tiga jenis balok *girder*, balok *girder* bentang 25 meter, 30 meter dan 45 meter. Tampak memanjang jembatan dapat dilihat pada **Gambar 4.1** dan tampak melintang dapat dilihat pada **Gambar 4.2**.

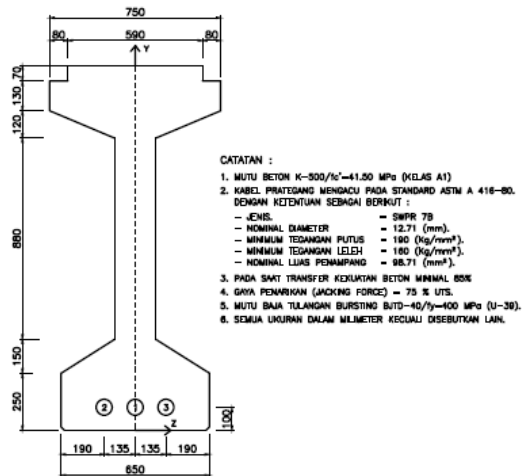


**Gambar 4.1** Tampak Memanjang Jembatan  
Sumber: PT. Aria Jasa Reksatama



**Gambar 4.2** Tampak Melintang Jembatan  
Sumber: PT. Aria Jasa Reksatama

Balok *girder* yang digunakan adalah balok berbentuk I yang diprategang, terdapat 3 jenis balok *girder* yang digunakan dengan mutu K-300 contoh potongan balok *girder* dapat dilihat pada **Gambar 4.3** dan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.



**Gambar 4.3** Potongan *Girder*  
Sumber: PT. Aria Jasa Reksatama

## 4.2. Metodologi Pengerjaan Jembatan

Pengerjaan dibagi menjadi 4 jenis pekerjaan, pekerjaan Abutment, pekerjaan Pilar, pekerjaan balok *girder*, dan pekerjaan Plat Lantai, Pekerjaan Abutment dibagi menjadi tiga tahap, pembuatan bekisting, pembuatan dan pemasangan tulangan, dan pengecoran.

Pekerjaan Pilar Jembatan dibagi menjadi lima tahap, pemasangan *Sheet Piles*, pemompaan air, pembuatan bekisting, penulangan, dan pengecoran.

Pekerjaan pemasangan Balok *Girder*, pekerjaan dibagi menjadi empat tahap, pengangkutan *girder* ke lokasi, *Prestressing*, *Placing girder* ke pilar jembatan, dan instalasi *girder*. *Placing girder* sendiri ada dua alternatif metode yaitu, menggunakan *launcher* dan menggunakan *service crane*. Metode *launcher* ada 2 tahapan, yaitu *setting* dan pemasangan alat dan penempatan *girder* menggunakan *launcher*. Metode *service crane* memiliki tiga tahapan, yaitu pengangkutan



*crane* ke atas kapal, *setting crane*, dan pemasangan *girder* menggunakan *crane*.

Pekerjaan Plat Lantai Jembatan ini terdiri dari tiga tahapan, pembuatan bekisting, pembuatan dan pemasangan tulangan, dan pengecoran. Pekerjaan di atas dengan *launcher girder* dibagi menjadi sub-pekerjaan seperti pada **Tabel 4.2** dan dengan *service crane* dibagi menjadi seperti **Tabel 4.3**.

**Tabel 4.2** WBS Metode *Launcher Girder*

Pekerjaan	Sub-pekerjaan
1.Abutment	1.1 Pembuatan Bekisting Pile cap
	1.2 Penulangan Pile Cap
	1.3 Pengecoran Pile Cap
	1.4 Pembuatan Bekisting Abutment
	1.5 Penulangan Pile Abutment
	1.6 Pengecoran Abutment
2.Pilar	2.1 Pembuatan Bekisting Pile cap
	2.2 Penulangan Pile Cap
	2.3 Pengecoran Pile Cap
	2.4 Pembuatan Bekisting Pilar
	2.5 Penulangan Pilar
	2.6 Pengecoran Pilar
3.Balok <i>Girder</i>	3.1 Pengangkutan
	3.2 Pemasangan Tulangan
	3.3 <i>Prestressing</i>

Pekerjaan	Sub-pekerjaan
	3.4 Instalasi <i>Launcher Girder</i>
	3.5 Pemasangan Elastomer
	3.6 Pemasangan <i>Girder</i>
	3.7 Instalasi <i>Girder</i>
4. Plat Lantai Jembatan	4.1 Pembuatan Bekisting Plat Lantai
	4.2 Penulangan Plat Lantai
	4.3 Pengecoran Plat Lantai

**Tabel 4.3** WBS Metode *Service Crane*

Pekerjaan	Sub-pekerjaan
1. Abutment	1.1 Pembuatan Bekisting Pile cap
	1.2 Penulangan Pile Cap
	1.3 Pengecoran Pile Cap
	1.4 Pembuatan Bekisting Abutment
	1.5 Penulangan Pile Abutment
	1.6 Pengecoran Abutment
2. Pilar	2.1 Pembuatan Bekisting Pile cap
	2.2 Penulangan Pile Cap

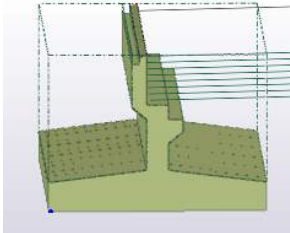
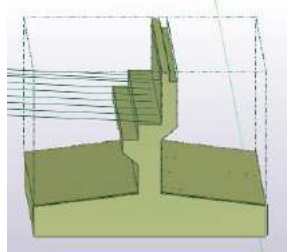


Pekerjaan	Sub-pekerjaan
	2.3 Pengecoran Pile Cap
	2.4 Pembuatan Bekisting Pilar
	2.5 Penulangan Pilar
	2.6 Pengecoran Pilar
3. Balok <i>Girder</i>	3.1 Pengangkutan
	3.2 Pemasangan Tulangan
	3.3 <i>Prestressing</i>
	3.4 Pemasangan <i>Service Crane</i>
	3.5 Pengangkutan <i>Service Crane</i> ke kapal
	3.6 Pemasangan Elastomer
	3.7 Pemasangan <i>Girder</i>
	3.8 Instalasi <i>Girder</i>
4. Plat Lantai Jembatan	4.1 Pembuatan Bekisting Plat Lantai
	4.2 Penulangan Plat Lantai
	4.3 Pengecoran Plat Lantai


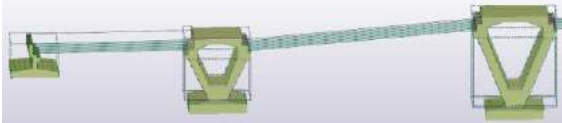

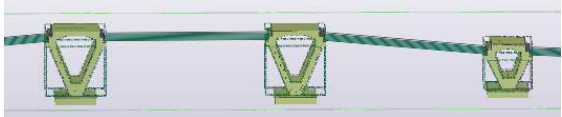
Seperti yang dapat dilihat pada **Tabel 4.2** dan **Tabel 4.3**, tahap pengerjaan pada kedua metode hanya berbeda pada bagian pemasangan balok *girder*-nya saja, yang mana pada Metode *Service Crane* membutuhkan sub-pekerjaan pengangkutan *Service Crane* ke kapal. Selain itu peralatan yang digunakan pada Metode *Service Crane* merupakan *Mobile Crane* yang akan diangkut ke kapal sedangkan metode *Launcher Girder* akan menggunakan *Launcher* yang dipasang di atas Struktur Jembatan


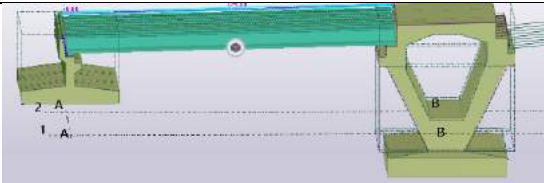
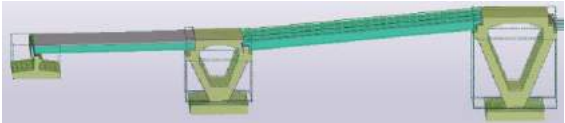

Urutan pengerjaan dimulai dari Fase 1 yang meliputi pengerjaan Abutment 1 dan Pilar 1 secara bersamaan kemudian dilanjutkan dengan Abutment 2 setelah Abutment 1 selesai, Pilar 2 setelah Pilar 1 selesai dan dilanjutkan dengan pilar berikutnya setelah pengerjaan pilar sebelumnya selesai. Fase 2 dimulai setelah Fase 1 selesai dengan pemasangan balok *girder* kemudian pekerjaan plat lantai jembatan ketika balok *girder* di bentang itu selesai terpasang. Urutan pengerjaan seperti pada **Tabel 4.4**.



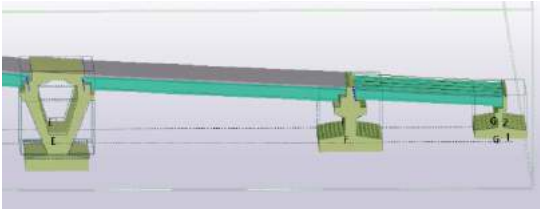
**Tabel 4.4** Urutan Pengerjaan

Fase	Pekerjaan	Pendahulu	Gambar
1	Abutment 1	-	 <p><b>Gambar 4.4 A1</b></p>
	Abutment 2	Abutment 1	 <p><b>Gambar 4.5 A2</b></p>

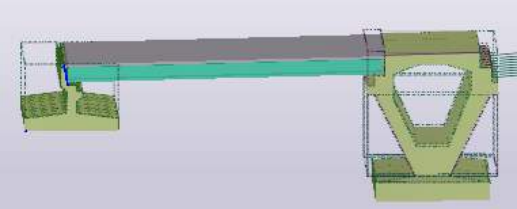
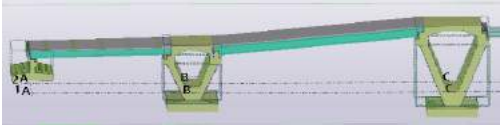
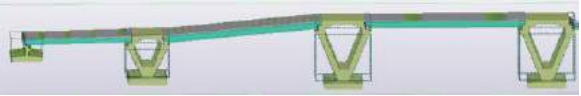


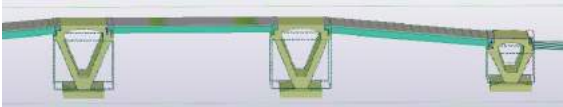
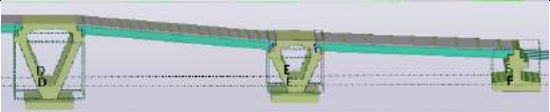

Fase	Pekerjaan	Pendahulu	Gambar
	Pilar 1	-	 <p data-bbox="922 412 1075 434"><b>Gambar 4.6 P1</b></p>
	Pilar 2	Pilar 1	 <p data-bbox="922 573 1075 595"><b>Gambar 4.7 P2</b></p>
	Pilar 3	Pilar 2	 <p data-bbox="922 714 1075 736"><b>Gambar 4.8 P3</b></p>
	Pilar 4	Pilar 3	 <p data-bbox="922 864 1075 887"><b>Gambar 4.9 P4</b></p>

Fase	Pekerjaan	Pendahulu	Gambar
	Pilar 5	Pilar 4	 <p><b>Gambar 4.10 P5</b></p>
2	Girder A1 P1	Fase 1	 <p><b>Gambar 4.11 Girder A1P1</b></p>
	Girder P1 P2	Girder A1 P1	 <p><b>Gambar 4.12 Girder P1P2</b></p>
	Girder P2 P3	Girder P1 P2	 <p><b>Gambar 4.13 Girder P2P3</b></p>

Fase	Pekerjaan	Pendahulu	Gambar
	<i>Girder P3 P4</i>	<i>Girder P2 P3</i>	 <p data-bbox="863 372 1134 395"><b>Gambar 4.14</b> <i>Girder P3P4</i></p>
	<i>Girder P4 P5</i>	<i>Girder P3 P4</i>	 <p data-bbox="863 540 1134 563"><b>Gambar 4.15</b> <i>Girder P4P5</i></p>
	<i>Girder P5 A2</i>	<i>Girder P4 P5</i>	 <p data-bbox="863 865 1134 888"><b>Gambar 4.16</b> <i>Girder P5A1</i></p>



Fase	Pekerjaan	Pendahulu	Gambar
	Plat A1 P1	<i>Girder A1</i> P1	 <p data-bbox="876 505 1117 527"><b>Gambar 4.17</b> Plat A1P1</p>
	Plat P1 P2	<i>Girder P1</i> P2	 <p data-bbox="876 661 1117 684"><b>Gambar 4.18</b> Plat P1P2</p>
	Plat P2 P3	<i>Girder P2</i> P3	 <p data-bbox="876 872 1117 894"><b>Gambar 4.19</b> Plat P2P3</p>

	Plat P3 P4	<i>Girder P3 P4</i>	 <p><b>Gambar 4.20</b> Plat P3P4</p>
	Plat P4 P5	<i>Girder P4 P5</i>	 <p><b>Gambar 4.21</b> Plat P4P5</p>
	Plat P5 A2	<i>Girder P5 A2</i>	 <p><b>Gambar 4.22</b> Plat P5A2</p>

Seperti dapat dilihat pada **Tabel 4.4**, Fase 1 terdiri atas pekerjaan Abutment dan Pilar. pekerjaan Abutment 2 dimulai setelah Pekerjaan Abutment 1 selesai dan pekerjaan Pilar 1 akan dimulai bersamaan dengan pekerjaan Abutment 1. Kemudian ketika pekerjaan Pilar 1 selesai barulah dimulai pekerjaan Pilar 2 dan seterusnya sehingga pekerjaan Pilar 5 selesai seperti pada **Gambar 4.4** hingga **Gambar 4.10**.

Fase 2 terdiri atas pekerjaan *Girder* dan plat lantai jembatan. Pekerjaan dimulai ketika Fase 1 selesai, balok *girder* dipasang dari sisi Abutment 1 menuju sisi Abutment 2 secara berurutan, sedangkan pekerjaan plat lantai akan dimulai ketika pekerjaan balok *girder* yang menjadi tumpuannya selesai seperti pada **Gambar 4.11** hingga **Gambar 4.22**.

#### **4.3. Analisa Produktivitas**

Produktivitas didapat dari *Expert Judgement*, sebagai *expert* adalah Bapak Hartono Suko selaku ahli struktur di PT. Virama Karya. Produktivitas yang dibutuhkan adalah produktivitas yang paling mungkin terjadi, produktivitas dalam kondisi paling pesimis dan produktivitas pada kondisi paling optimis. Data yang didapat seperti pada **Tabel 4.5**.

**Tabel 4.5** Produktivitas

Pekerjaan	Sub-pekerjaan	Produktivitas			Volume
		Pesimis	Paling mungkin	Optimis	
1.Abument	1.1 Pembuatan Bekisting Pile Cap	9.38	12.50	18.75	m <sup>2</sup> /jam
	1.2 Penulangan Pile Cap	41.67	53.57	187.50	kg/jam
	1.3 Pengecoran Pile Cap	29.38	58.75	58.75	m <sup>3</sup> /jam
	1.4 Pembuatan Bekisting Abument	3.13	6.25	12.50	m <sup>2</sup> /jam
	1.5 Penulangan Abument	87.50	175.00	175.00	kg/jam
	1.6 Pengecoran Abument	0.53	1.05	1.75	m <sup>3</sup> /jam
Pekerjaan	Sub-pekerjaan	Produktivitas			Volume
		Pesimis	Paling mungkin	Optimis	
2.Pilar	2.1 Pembuatan Bekisting Pile Cap	9.38	12.50	18.75	m <sup>2</sup> /jam



	2.2 Penulangan Pile Cap	41.67	53.57	187.50	kg/jam
	2.3 Pengecoran Pile Cap	29.38	58.75	58.75	m <sup>3</sup> /jam
	2.4 Pembuatan Bekisting Pilar	3.13	6.25	12.50	m <sup>2</sup> /jam
	2.5 Penulangan Pilar	87.50	175.00	175.00	kg/jam
	2.6 Pengecoran Pilar	2.50	5.00	8.33	m <sup>3</sup> /jam
3.Balok Girder	3.1 Pengangkutan	3.00	3.20	6.00	unit/jam
	3.2 Pemasangan Tulangan	1.33	4.00	4.00	unit/jam
	3.3 <i>PreStressing</i>	0.13	0.50	1.00	unit/jam
	3.4 Instalasi <i>Launcher Girder</i>	0.02	0.03	0.03	unit/jam
	3.5 Pemasangan <i>Service Crane</i>	0.05	0.06	0.06	unit/jam
Pekerjaan	Sub-pekerjaan	Produktivitas			Volume
		Pesimis	Paling mungkin	Optimis	
	3.6 Pengangkutan <i>Service Crane</i> ke kapal	0.05	0.07	0.07	unit/jam

	3.7 Pemasangan Elastomer	0.63	1.00	6.00	unit/jam
	3.8 Pemasangan <i>Girder</i> Dengan <i>Launcher</i>	0.25	0.40	0.50	unit/jam
	3.9 Pemasangan <i>Girder</i> Dengan <i>Crane</i>	0.22	0.67	2.00	unit/jam
	3.10 Instalasi <i>Girder</i>	0.17	0.25	0.25	unit/jam
4. Plat Lantai Jembatan	4.1 Pembuatan Bekisting Plat Lantai	0.49	0.63	1.09	m <sup>2</sup> /jam
	4.2 Penulangan Plat Lantai	2.67	4.00	8.00	kg/jam
	4.3 Pengecoran Plat Lantai	8.50	10.63	14.17	m <sup>3</sup> /jam

Pada **Tabel 4.5**, produktivitas pada kondisi pesimis merupakan produktivitas dengan asumsi bahwa sering terjadi hujan, keterlambatan pada bahan yang akan digunakan, dan kerusakan terhadap peralatan yang digunakan. Sedangkan kondisi paling mungkin adalah kondisi dengan jumlah kendala sedikit dan kondisi optimis adalah kondisi tanpa kendala dan bahan sudah tersedia.

Data metah yang diambil dari *Expert* dapat di lihat pada lampiran.

(“Halaman ini sengaja dikosongkan”)



## BAB V PEMODELAN DAN PENJADWALAN

### 5.1. *Modeling* Struktur

*Modeling* struktur pada BIM merupakan proses menuangkan gambar informasi dan desain ke dalam aplikasi BIM, dalam Tugas Akhir ini merupakan data dan gambar dari CAD ke media BIM berupa aplikasi *Tekla Structures*. Proses input ke dalam BIM dapat digolongkan menjadi tiga macam yaitu, Otomatis, Semi-otomatis dan Manual. Proses input objek yang dikerjakan pada Tugas Akhir ini adalah seperti pada **Tabel 5.1**

**Tabel 5.1** Proses Input

Pekerjaan	Objek	Proses Input		
		Otomatis	Semi-Otomatis	Manual
Abutmen	Pilecap	Tidak	Ya	Ya
	Pilar Abutmen	Tidak	Tidak	Ya
	Penulangan pilecap	Tidak	Tidak	Ya
	Penulangan Abutmen	Tidak	Tidak	Ya
Pilar	Pilecap	Tidak	Ya	Ya
	Pilar	Tidak	Tidak	Ya
	Penulangan pilecap	Tidak	Tidak	Ya
	Penulangan Pilar	Tidak	Tidak	Ya
Bolak Girder	Balok	Tidak	Ya	Ya
	Tulangan Prestress	Tidak	Ya	Ya

Pekerjaan	Objek	Proses Input		
		Otomatis	Semi-Otomatis	Manual
Plat Lantai	Tulangan	Tidak	Ya	Ya
	Plat Lantai	Tidak	Ya	Ya

Otomatis yang dimaksud dalam proses input adalah data yang sudah ada pada CAD yang diimpor langsung ke dalam BIM. Yang dimaksud dengan Semi-Otomatis adalah objek sudah memiliki pola yang disediakan oleh BIM sehingga hanya perlu melakukan input data. Sedangkan yang dimaksud dengan manual adalah objek perlu dibuat dan dibentuk sendiri oleh pengguna BIM.

Pada BIM tidak dapat dilakukan proses input secara Otomatis, namun sebagian objek sudah disediakan pola sehingga dapat dimodelkan secara Semi-Otomatis. Pada Pilecap Pilar dan Abutmen dapat dibuat secara Semi-otomatis karena memiliki bentuk yang sederhana, sedangkan untuk badan Abutmen, Pilar dan penulangannya tidak dapat dibuat secara Semi-Otomatis karena bentuknya yang rumit dan tidak sama pada setiap desain sehingga tidak ada pola yang tersedia pada BIM.

Pada Balok *Girder* dapat dibuat secara Semi-Otomatis dengan menggunakan Katalog yang sudah tersedia pada BIM, pengguna hanya perlu melakukan input ukuran yang akan dipergunakan dalam desain. Dalam pengerjaan Tulangan *Prestress* untuk balok *girder* juga dapat dilakukan secara Semi-Otomatis dengan pola yang sudah disediakan, pengguna hanya perlu memasukkan bentuk profil yang digunakan dan ukuran tulangnya saja.

Pada pekerjaan plat lantai dan tulangnya dapat dilakukan secara Semi-Otomatis hanya perlu memasukkan input ukuran plat dan tulangan yang akan digunakan saja karena bentuk plat lantai yang sederhana.

Dalam pemodelan Pilar dan Abutment hal yang perlu diperhatikan adalah bentuk dari pilar dan abutment karena dapat berpengaruh terhadap volume Pengecoran dan bentuk bekisting yang digunakan. Model dibuat menggunakan kolom kubus yang di potong dengan *Polygon Tool* sesuai dengan desain. Dengan demikian, model memiliki ukuran, bentuk, dan volume yang sama dengan objek yang akan dikerjakan sesungguhnya.

Hal berikutnya yang perlu diperhatikan adalah penulangan, selain bentuk model yang harus sesuai dengan desain, ukuran tulangan harus menggunakan ukuran yang ada dalam profil *Tekla Structures*. Bila menggunakan ukuran yang tidak ada dalam *Tekla Structures*, maka model tulangan hanya akan berupa garis dan dalam penjadwalan akan tidak memiliki berat sehingga tidak dapat dijadwalkan.

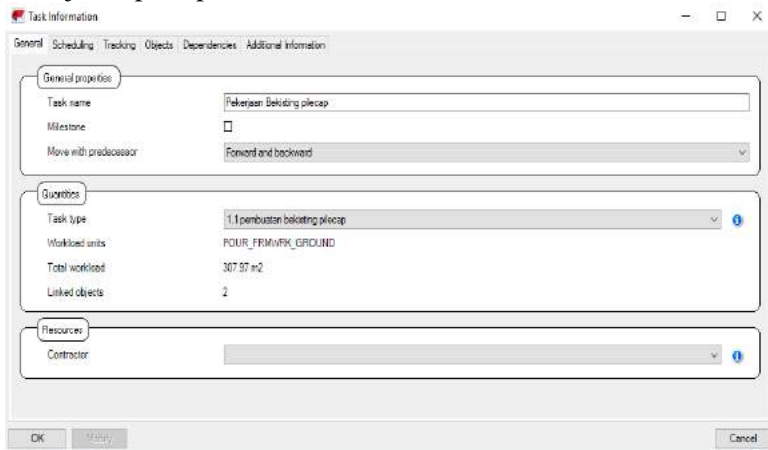
Memodelkan balok *girder* dapat dilakukan dengan menggunakan profil balok yang telah dibuat sebelumnya karena balok *girder* merupakan balok pracetak sehingga bentuk dan volume tidak terlalu berpengaruh terhadap penjadwalan. Hal yang perlu diperhatikan dalam memodelkan balok *girder* adalah dalam memodelkan tulangan pratekan. Tulangan pratekan dibuat menggunakan komponen *Post Tensioning*, pada komponen ini bentuk tendon pratekan dan posisi tendon dapat diatur sesuai dengan objek asli yang akan dibuat dilapangan. Tahap ini perlu diperhatikan karena berpengaruh terhadap berat tulangan pratekan yang merupakan volume pekerjaan sehingga juga berhubungan dengan penjadwalan.

Dalam memodelkan Plat lantai jembatan hal yang perlu diperhatikan adalah bentuk dan ukuran plat lantai, karena berpengaruh terhadap volume pengecoran dan ukuran bekisting. Selain itu juga ukuran penulangan karena dapat berpengaruh terhadap berat tulangan yang merupakan volume pekerjaan tulangan dalam penjadwalan.

## 5.2. Modeling Penjadwalan Deterministik BIM

Dalam penjadwalan BIM ada beberapa komponen yang diperlukan, yaitu Pekerjaan, Volume Pekerjaan, Durasi Pekerjaan, Urutan Pengerjaan atau pendahulu, dan jadwal itu sendiri. Komponen tersebut juga dapat digolongkan menjadi Otomatis, Semi-Otomatis dan Manual.

Pekerjaan dibuat secara manual dengan melakukan input jenis pekerjaan dan objek yang dikerjakan sedangkan Volume pekerjaan akan Otomatis ada saat pekerjaan dibuat dan diberi objek seperti pada **Gambar 5.1**.

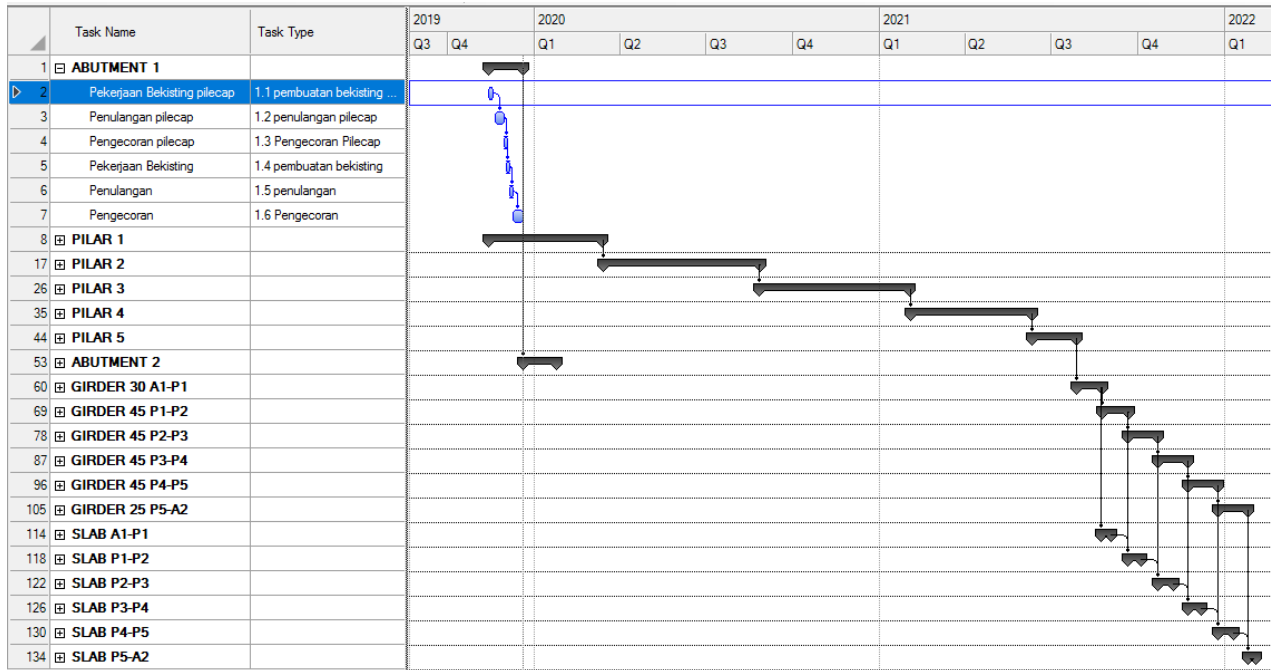


**Gambar 5.1** Volume Pekerjaan

Durasi pekerjaan dibuat secara Semi-Otomatis dengan melakukan input berupa produktivitas pekerjaan dan unit pekerjaan. Setelah melakukan input, maka Durasi pekerjaan akan muncul secara otomatis.

Urutan pengerjaan dan pendahulu dari pekerjaan dimasukkan secara Manual dengan memasukkan pekerjaan yang menjadi pendahulunya. Jadwal akan secara Otomatis terbentuk dari komponen komponen lain dan akan menghasilkan Jadwal berupa *Gantt Chart* seperti **Gambar 5.2**





Gambar 5.2 Jadwal

### 5.3. Modeling Probabilistik

Model jadwal probabilistik dibuat dengan bantuan *Microsoft Project*. Data penjadwalan yang ada pada BIM diimpor ke dalam *Microsoft Project* dan dilakukan analisa menggunakan Metode PERT.

Dalam proses menghubungkan BIM dengan *Microsoft Project* terdapat ketidak selarasan sehingga durasi pekerjaan yang muncul pada *Microsoft Project* tidak sesuai dengan durasi yang muncul pada BIM. Oleh karena itu durasi pesimis, paling mungkin dan optimis yang akan digunakan pada analisa PERT dimasukkan secara manual ke *Microsoft Project*.

Perhitungan estimasi durasi PERT dan *variance* dapat dilakukan secara semi-otomatis dengan memasukkan formula yang digunakan pada *Microsoft Project*. Contoh hasil model probabilistik seperti pada **Gambar 5.3**

Name	Pesimis	Paling Mungkin	Optimis	PERT Estimate	Variance
<b>ABUTMENT 1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>36.05</b>	<b>6.36</b>
Pekerjaan Bekisting pilecap	7.04	5.28	3.52	5.28	0.59
Penulangan pilecap	11.48	8.93	2.55	8.29	1.49
Pengecoran pilecap	6.14	3.07	3.07	3.58	0.51
Pekerjaan Bekisting	6.18	3.09	1.55	3.35	0.77
Penulangan	7.36	3.68	3.68	4.29	0.61
Pengecoran	20.46	10.23	6.14	11.25	2.39
<b>PILAR 1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>124.77</b>	<b>23.05</b>
Instalasi sheet piles	6.39	4.79	3.83	4.9	0.43
Pemompaan	10.15	8.88	7.89	8.93	0.38
Pekerjaan Bekisting pilecap	1.39	1.04	0.69	1.04	0.12
Penulangan pilecap	50.82	39.53	11.29	36.7	6.59
Pengecoran pilecap	1.64	0.82	0.82	0.96	0.14
Pekerjaan Bekisting	44.82	22.41	11.21	24.28	5.6
Penulangan	9.26	4.63	4.63	5.4	0.77
Pengecoran	77.4	38.7	23.22	42.57	9.03

**Gambar 5.3** Contoh pemodelan Probabilistik

Seperti terlihat pada **Gambar 5.3** dengan memasukkan durasi pesimis, paling mungkin, dan optimis, maka didapat estimasi durasi dengan distribusi beta.

Untuk melakukan perhitungan persentase kemungkinan jadwal selesai tepat waktu dan distribusi normalnya tidak dapat

dilakukan dengan bantuan *Microsoft Project* sehingga dilakukan secara manual.

## 5.4. Hasil dan Analisa

### 5.4.1. Hasil metode *service crane*

Durasi total pada jalur kritis untuk metode *service crane* dari penjadwalan pada BIM adalah 743.01 hari. Durasi total dari estimasi PERT yang dilakukan pada *Microsoft project* adalah 834.5 hari dengan variance 154.58

$$Distribusi Normal = \frac{743.01 - 834.5}{\sqrt{154.58}}$$

$$Distribusi Normal = -7.36$$

Maka mengacu pada Tabel Distribusi Normal, kemungkinan proyek Jembatan Bedadung akan selesai sesuai atau lebih cepat dari yang dijadwalkan menggunakan Metode *Service Crane* adalah mendekati 0%

Bila proyek diharap selesai dengan tingkat keyakinan 75%, maka durasi yang dibutuhkan adalah 843 hari.

### 5.4.2. Metode *Launcher Girder*

Durasi total pada jalur kritis untuk metode *launcher girder* dari penjadwalan pada BIM adalah 847.28 hari. Durasi total dari estimasi PERT yang dilakukan pada *Microsoft project* adalah 834.5 hari dengan variance 152.56

$$Distribusi Normal = \frac{847.25 - 844.92}{\sqrt{152.56}}$$

$$Distribusi Normal = 0.19107$$

Maka mengacu pada Tabel Distribusi Normal, kemungkinan proyek Jembatan Bedadung akan selesai sesuai atau lebih cepat dari yang dijadwalkan menggunakan Metode *Service Crane* adalah 57.5%.

Bila proyek diharap selesai dengan tingkat keyakinan 75%, maka durasi yang dibutuhkan adalah 853 hari.

### 5.4.3. Analisa

Dari Analisa PERT dapat disimpulkan jadwal yang dibuat dengan metode *Launcher Girder* lebih dapat diandalkan dari pada metode *Service Crane*, karenajadwal dengan Metode *Launcher Girder* memiliki tingkat keyakinan 57.5% dan Metode *Service crane* mendekati 0%

Untuk itu bila jadwal diharapkan memiliki tingkat keyakinan paling tidak 75%, maka perlu dilakukan iterasi penjadwalan dengan durasi 843 hari untuk Metode *Service Crane* dan durasi 853 hari untuk Metode *Launcher Girder*.

Tingkat keyakinan yang didapat tidaklah absolut karena analisa PERT merupakan pendekatan. Analisa PERT menggunakan distribusi beta sedangkan peristiwa nyata distribusi durasi belum tentu merupakan distribusi beta.



## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1. Pemodel Konstruksi dan Penjadwalan pada BIM**

Membuat model struktur dengan menggunakan BIM tidak dapat dilakukan secara Otomatis tetapi dalam beberapa bagian yang sering digunakan dalam konstruksi dapat dibuat secara Semi-Otomatis sehingga mempermudah dalam pembuatan model struktur. Sebagai objek konstruksi meski tidak dapat dibuat secara otomatis masih bisa dibuat secara manual menggunakan alat yang tersedia pada BIM.

Penjadwalan pada BIM pada dasarnya sama dengan penjadwalan dengan media bantu lainnya, tapi keunggulan dari BIM adalah volume pekerjaan sudah didapat secara Otomatis sehingga mempermudah penjadwalan, selain itu durasi pekerjaan juga dapat dihitung dengan Semi-Otomatis dengan BIM sehingga mempermudah penjadwalan.

Melakukan pemodelan struktur dan penjadwalan dengan BIM dapat mempermudah dalam pembuatan jadwal terutama bila proyek yang dikerjakan memiliki berbagai macam komponen yang memiliki kesamaan satu dengan yang lain.

#### **6.2. Analisa PERT menggunakan *Microsoft Project***

Dengan menggunakan *Microsoft Project*, maka data yang masuk merupakan data yang di-*export* dari BIM namun data yang masuk ke dalam *Microsoft Project* tidak sesuai dengan data yang ada pada BIM karena perubahan format sehingga data durasi yang akan digunakan dalam Analisa PERT perlu dimasukkan secara manual. Jalur kritis dapat dicari otomatis dengan *Microsoft Project* sehingga tidak perlu dicari secara manual.

Dari proses memasukkan data pada *Microsoft Project* akan menghasilkan durasi PERT dan *variance* yang akan digunakan untuk mendapatkan distribusi normal pada penjadwalan. Hasil

akhir analisa PERT perlu dicari dan dihitung secara manual sehingga mendapatkan tingkat keyakinan jadwal akan selesai tepat waktu. Meski demikian proses ini sangat penting untuk mendapat jadwal iterasi ke-2.

### **6.3. Kemungkinan Pekerjaan Selesai Tepat Waktu**

Dengan menggunakan metode *Service Crane* kemungkinan pekerjaan selesai tepat waktu atau lebih cepat dari perkiraan adalah mendekati nol bila menggunakan jadwal semula yang direncanakan pada BIM dan kemungkinan Pekerjaan menggunakan metode *Launcher Girder* selesai tepat waktu atau lebih cepat adalah 57.5% bila menggunakan jadwal semula.

Bila diberi kriteria bahwa jadwal harus memiliki tingkat keyakinan minimal 75%, maka metode *Service Crane* perlu dijadwalkan dengan durasi 843 hari dan metode *Launcher Girder* 853 hari. Pada penjabaran di atas dapat disimpulkan bahwa target penyelesaian proyek Jembatan Bedadung yang paling cepat adalah 843 hari dengan Metode *Service Crane*.

### **6.4. Saran**

Bila dilakukan penelitian lebih lanjut atau serupa dapat dilakukan validasi dari hasil penjadwalan yang dilakukan untuk mengetahui kebenaran dari jadwal yang dihasilkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Project Management Institute. 2000. **A Guide to Project Management Body of Knowledge**. Pennsylvania: Newtown Square
- Eastman, Charles M. Dkk. 2008. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. New Jersey: John Wiley & Sons
- Trimble. 2017. **Tekla Structures 2017i Modeling**. Espoo: Trimble Solution Corporation
- Sharma, S.C. 2006. **Operation Research: Pert, Cpm & Cost Analysis**. New Delhi: Discovery Publishing House
- Mawariza, Putri Suci. 2018. “**Analisa Pemilihan Keputusan Metode Pelaksanaan Erection PCI Girder Dengan Metode Fuzzy AHP (Studi Kasus : Fly Over Perumahan Citra Harmoni, Trosobo Sidoarjo)**”. Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya

(“Halaman ini sengaja dikosongkan”)

## **LAMPIRAN**



Lampiran 1: Durasi Metode *Service Crane*

Name	Pesimis	Paling Mungkin	Optimis
<b>ABUTMENT 1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Pekerjaan Bekisting pilecap	7.04	5.28	3.52
Penulangan pilecap	11.48	8.93	2.55
Pengecoran pilecap	6.14	3.07	3.07
Pekerjaan Bekisting	6.18	3.09	1.55
Penulangan	7.36	3.68	3.68
Pengecoran	20.46	10.23	6.14
<b>PILAR 1</b>		<b>0</b>	
Instalasi sheet piles	6.39	4.79	3.83
Pemompaan	10.15	8.88	7.89
Pekerjaan Bekisting pilecap	1.39	1.04	0.69
Penulangan pilecap	50.82	39.53	11.29
Pengecoran pilecap	1.64	0.82	0.82
Pekerjaan Bekisting	44.82	22.41	11.21
Penulangan	9.26	4.63	4.63
Pengecoran	77.40	38.7	23.22
<b>PILAR 2</b>		<b>0</b>	
Instalasi sheet piles	18.16	13.62	10.90
Pemompaan	12.43	10.88	9.67
Pekerjaan Bekisting pilecap	1.39	1.04	0.69
Penulangan pilecap	44.50	34.61	9.89
Pengecoran pilecap	1.64	0.82	0.82
Pekerjaan Bekisting	65.94	32.97	16.49
Penulangan	30.58	15.29	15.29
Pengecoran	109.10	54.55	32.73

<b>PILAR 3</b>		<b>0</b>	
Instalasi sheet piles	18.16	13.62	10.90
Pemompaan	12.43	10.88	9.67
Pekerjaan Bekisting pilecap	1.39	1.04	0.69
Penulangan pilecap	44.50	34.61	9.89
Pengecoran pilecap	1.64	0.82	0.82
Pekerjaan Bekisting	65.94	32.97	16.49
Penulangan	30.58	15.29	15.29
Pengecoran	109.10	54.55	32.73
<b>PILAR 4</b>		<b>0</b>	
Instalasi sheet piles	14.51	10.88	8.70
Pemompaan	34.61	30.28	26.92
Pekerjaan Bekisting pilecap	1.39	1.04	0.69
Penulangan pilecap	32.45	25.24	7.21
Pengecoran pilecap	1.64	0.82	0.82
Pekerjaan Bekisting	45.42	22.71	11.36
Penulangan	9.46	4.73	4.73
Pengecoran	62.40	31.2	18.72
<b>PILAR 5</b>		<b>0</b>	
Instalasi sheet piles	6.39	4.79	3.83
Pemompaan	12.41	10.86	9.65
Pekerjaan Bekisting pilecap	1.47	1.1	0.73
Penulangan pilecap	6.25	4.86	1.39
Pengecoran pilecap	1.64	0.82	0.82
Pekerjaan Bekisting	10.22	5.11	2.56
Penulangan	11.26	5.63	5.63
Pengecoran	15.84	7.92	4.75
<b>ABUTMENT 2</b>		<b>0</b>	
Pekerjaan Bekisting pilecap	7.04	5.28	3.52
Penulangan pilecap	11.48	8.93	2.55
Pengecoran pilecap	6.14	3.07	3.07
Pekerjaan Bekisting	6.18	3.09	1.55
Penulangan	7.36	3.68	3.68
Pengecoran	20.46	10.23	6.14

<b>GIRDER 30 A1-P1</b>		<b>0</b>	
Pengangkutan	0.35	0.33	0.18
Pemasangan tulangan	3.21	1.07	1.07
PreStressing	34.12	8.53	4.27
<b>Placing</b>		<b>0</b>	
Loading Crane ke kapal	7.36	5.81	5.42
Setting service crane	7.84	6.27	6.27
Placing elastomer	0.53	0.33	0.06
Placing girder	4.77	1.59	0.53
Instalasi	6.41	4.27	4.27
<b>GIRDER 45 P1-P2</b>		<b>0</b>	
Pengangkutan	0.35	0.33	0.18
Pemasangan tulangan	3.21	1.07	1.07
PreStressing	34.12	8.53	4.27
<b>Placing</b>		<b>0</b>	
Loading Crane ke kapal	7.36	5.81	5.42
Setting service crane	7.84	6.27	6.27
Placing elastomer	0.53	0.33	0.06
Placing girder	4.77	1.59	0.53
Instalasi	6.41	4.27	4.27
<b>GIRDER 45 P2-P3</b>		<b>0</b>	
Pengangkutan	0.35	0.33	0.18
Pemasangan tulangan	3.21	1.07	1.07
PreStressing	34.12	8.53	4.27
<b>Placing</b>		<b>0</b>	
Loading Crane ke kapal	4.83	3.81	3.56
Setting service crane	5.34	4.27	4.27
Placing elastomer	0.53	0.33	0.06
Placing girder	4.77	1.59	0.53
Instalasi	6.41	4.27	4.27
<b>GIRDER 45 P3-P4</b>		<b>0</b>	

Pengangkutan	0.35	0.33	0.18
Pemasangan tulangan	3.21	1.07	1.07
PreStressing	34.12	8.53	4.27
<b>Placing</b>		<b>0</b>	
Loading Crane ke kapal	4.83	3.81	3.56
Setting service crane	5.34	4.27	4.27
Placing elastomer	0.53	0.33	0.06
Placing girder	4.77	1.59	0.53
Instalasi	6.41	4.27	4.27
<b>GIRDER 45 P4-P5</b>		<b>0</b>	
Pengangkutan	0.35	0.33	0.18
Pemasangan tulangan	3.21	1.07	1.07
PreStressing	34.12	8.53	4.27
<b>Placing</b>		<b>0</b>	
Loading Crane ke kapal	4.83	3.81	3.56
Setting service crane	5.34	4.27	4.27
Placing elastomer	0.53	0.33	0.06
Placing girder	4.77	1.59	0.53
Instalasi	6.41	4.27	4.27
<b>GIRDER 25 P5-A2</b>		<b>0</b>	
Pengangkutan	0.35	0.33	0.18
Pemasangan tulangan	3.21	1.07	1.07
PreStressing	34.12	8.53	4.27

<b>Placing</b>		<b>0</b>	
Loading Crane ke kapal	4.83	3.81	3.56
Setting service crane	5.34	4.27	4.27
Placing elastomer	0.53	0.33	0.06
Placing girder	4.77	1.59	0.53
Instalasi	6.41	4.27	4.27
<b>SLAB A1-P1</b>		<b>0</b>	
Pekerjaan Bekisting	8.83	6.87	3.93
Penulangan	2.54	1.69	0.85
Pengecoran	1.83	1.46	1.10
<b>SLAB P1-P2</b>		<b>0</b>	
Pekerjaan Bekisting	12.18	9.47	5.41
Penulangan	3.21	2.14	1.07
Pengecoran	2.73	2.18	1.64
<b>SLAB P2-P3</b>		<b>0</b>	
Pekerjaan Bekisting	14.75	11.47	6.55
Penulangan	3.21	2.14	1.07
Pengecoran	2.73	2.18	1.64
<b>SLAB P3-P4</b>		<b>0</b>	
Pekerjaan Bekisting	12.18	9.47	5.41
Penulangan	3.21	2.14	1.07
Pengecoran	2.73	2.18	1.64
<b>SLAB P4-P5</b>		<b>0</b>	
Pekerjaan Bekisting	14.75	11.47	6.55
Penulangan	3.21	2.14	1.07
Pengecoran	2.73	2.18	1.64
<b>SLAB P5-A2</b>		<b>0</b>	
Pekerjaan Bekisting	5.72	4.45	2.54
Penulangan	2.33	1.55	0.78
Pengecoran	1.54	1.23	0.92



## Lampiran 2: Durasi Metode Launcher

Name	Pesimis	Paling Mungkin	Optimis
<b>ABUTMENT 1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Pekerjaan Bekisting pilecap	7.04	5.28	3.52
Penulangan pilecap	11.48	8.93	2.55
Pengecoran pilecap	6.14	3.07	3.07
Pekerjaan Bekisting	6.18	3.09	1.55
Penulangan	7.36	3.68	3.68
Pengecoran	20.46	10.23	6.14
<b>PILAR 1</b>		<b>0.00</b>	
Instalasi sheet piles	6.39	4.79	3.83
Pemompaan	10.15	8.88	7.89
Pekerjaan Bekisting pilecap	1.39	1.04	0.69
Penulangan pilecap	50.82	39.53	11.29
Pengecoran pilecap	1.64	0.82	0.82
Pekerjaan Bekisting	44.82	22.41	11.21
Penulangan	9.26	4.63	4.63
Pengecoran	77.40	38.70	23.22
<b>PILAR 2</b>		<b>0.00</b>	
Instalasi sheet piles	18.16	13.62	10.90
Pemompaan	12.43	10.88	9.67
Pekerjaan Bekisting pilecap	1.39	1.04	0.69
Penulangan pilecap	44.50	34.61	9.89
Pengecoran pilecap	1.64	0.82	0.82
Pekerjaan Bekisting	65.94	32.97	16.49
Penulangan	30.58	15.29	15.29
Pengecoran	109.10	54.55	32.73

<b>PILAR 3</b>		<b>0.00</b>	
Instalasi sheet piles	18.16	13.62	10.90
Pemompaan	12.43	10.88	9.67
Pekerjaan Bekisting pilecap	1.39	1.04	0.69
Penulangan pilecap	44.50	34.61	9.89
Pengecoran pilecap	1.64	0.82	0.82
Pekerjaan Bekisting	65.94	32.97	16.49
Penulangan	30.58	15.29	15.29
Pengecoran	109.10	54.55	32.73
<b>PILAR 4</b>		<b>0.00</b>	
Instalasi sheet piles	14.51	10.88	8.70
Pemompaan	34.61	30.28	26.92
Pekerjaan Bekisting pilecap	1.39	1.04	0.69
Penulangan pilecap	32.45	25.24	7.21
Pengecoran pilecap	1.64	0.82	0.82
Pekerjaan Bekisting	45.42	22.71	11.36
Penulangan	9.46	4.73	4.73
Pengecoran	62.40	31.20	18.72
<b>PILAR 5</b>		<b>0.00</b>	
Instalasi sheet piles	6.39	4.79	3.83
Pemompaan	12.41	10.86	9.65
Pekerjaan Bekisting pilecap	1.47	1.10	0.73
Penulangan pilecap	6.25	4.86	1.39
Pengecoran pilecap	1.64	0.82	0.82
Pekerjaan Bekisting	10.22	5.11	2.56
Penulangan	11.26	5.63	5.63
Pengecoran	15.84	7.92	4.75
<b>ABUTMENT 2</b>		<b>0.00</b>	
Pekerjaan Bekisting pilecap	7.04	5.28	3.52
Penulangan pilecap	11.48	8.93	2.55
Pengecoran pilecap	6.14	3.07	3.07
Pekerjaan Bekisting	6.18	3.09	1.55
Penulangan	7.36	3.68	3.68
Pengecoran	20.46	10.23	6.14

<b>GIRDER 30 A1-P1</b>		<b>0.00</b>	
Pengangkutan	0.35	0.33	0.18
Pemasangan tulangan	3.21	1.07	1.07
PreStressing	34.12	8.53	4.27
<b>Placing</b>		<b>0.00</b>	
Setting launcher	12.13	10.53	9.33
Placing elastomer	0.53	0.33	0.06
Placing girder	4.27	2.67	2.14
Instalasi	6.41	4.27	4.27
<b>GIRDER 45 P1-P2</b>		<b>0.00</b>	
Pengangkutan	0.35	0.33	0.18
Pemasangan tulangan	3.21	1.07	1.07
PreStressing	34.12	8.53	4.27
<b>Placing</b>		<b>0.00</b>	
Setting launcher	12.13	10.53	9.33
Placing elastomer	0.53	0.33	0.06
Placing girder	4.27	2.67	2.14
Instalasi	6.41	4.27	4.27
<b>GIRDER 45 P2-P3</b>		<b>0.00</b>	
Pengangkutan	0.35	0.33	0.18
Pemasangan tulangan	3.21	1.07	1.07
PreStressing	34.12	8.53	4.27
<b>Placing</b>		<b>0.00</b>	
Setting launcher	12.13	10.53	9.33
Placing elastomer	0.53	0.33	0.06
Placing girder	4.27	2.67	2.14
Instalasi	6.41	4.27	4.27
<b>GIRDER 45 P3-P4</b>		<b>0.00</b>	
Pengangkutan	0.35	0.33	0.18
Pemasangan tulangan	3.21	1.07	1.07
PreStressing	34.12	8.53	4.27

<b>Placing</b>		<b>0.00</b>	
Setting launcher	12.13	10.53	9.33
Placing elastomer	0.53	0.33	0.06
Placing girder	4.27	2.67	2.14
Instalasi	6.41	4.27	4.27
<b>GIRDER 45 P4-P5</b>		<b>0.00</b>	
Pengangkutan	0.35	0.33	0.18
Pemasangan tulangan	3.21	1.07	1.07
PreStressing	34.12	8.53	4.27
<b>Placing</b>		<b>0.00</b>	
Setting launcher	12.13	10.53	9.33
Placing elastomer	0.53	0.33	0.06
Placing girder	4.27	2.67	2.14
Instalasi	6.41	4.27	4.27
<b>GIRDER 25 P5-A2</b>		<b>0.00</b>	
Pengangkutan	0.35	0.33	0.18
Pemasangan tulangan	3.21	1.07	1.07
PreStressing	34.12	8.53	4.27
<b>Placing</b>		<b>0.00</b>	
Setting launcher	12.13	10.53	9.33
Placing elastomer	0.53	0.33	0.06
Placing girder	4.27	2.67	2.14
Instalasi	6.41	4.27	4.27
<b>SLAB A1-P1</b>		<b>0.00</b>	
Pekerjaan Bekisting	8.83	6.87	3.93
Penulangan	2.54	1.69	0.85
Pengecoran	1.83	1.46	1.10
<b>SLAB P1-P2</b>		<b>0.00</b>	
Pekerjaan Bekisting	12.18	9.47	5.41
Penulangan	3.21	2.14	1.07
Pengecoran	2.73	2.18	1.64

<b>SLAB P2-P3</b>		<b>0.00</b>	
Pekerjaan Bekisting	14.75	11.47	6.55
Penulangan	3.21	2.14	1.07
Pengecoran	2.73	2.18	1.64
<b>SLAB P3-P4</b>		<b>0.00</b>	
Pekerjaan Bekisting	12.18	9.47	5.41
Penulangan	3.21	2.14	1.07
Pengecoran	2.73	2.18	1.64
<b>SLAB P4-P5</b>		<b>0.00</b>	
Pekerjaan Bekisting	14.75	11.47	6.55
Penulangan	3.21	2.14	1.07
Pengecoran	2.73	2.18	1.64
<b>SLAB P5-A2</b>		<b>0.00</b>	
Pekerjaan Bekisting	5.72	4.45	2.54
Penulangan	2.33	1.55	0.78
Pengecoran	1.54	1.23	0.92



Lampiran 3: Hasil Analisa PERT Metode *Service Crane*

Name	PERT Estimate	Variance
<b>ABUTMENT 1</b>	<b>36.05</b>	<b>6.36</b>
<b>PILAR 1</b>	<b>124.77</b>	<b>23.05</b>
<b>PILAR 2</b>	<b>172.56</b>	<b>31.21</b>
<b>PILAR 3</b>	<b>172.56</b>	<b>31.21</b>
<b>PILAR 4</b>	<b>131.44</b>	<b>20.46</b>
<b>PILAR 5</b>	<b>43.2</b>	<b>6.02</b>
<b>ABUTMENT 2</b>	<b>36.05</b>	<b>6.36</b>
<b>GIRDER 30 A1-P1</b>	<b>33.24</b>	<b>7.09</b>
<b>GIRDER 45 P1-P2</b>	<b>33.24</b>	<b>7.09</b>
<b>GIRDER 45 P2-P3</b>	<b>29.09</b>	<b>6.89</b>
<b>GIRDER 45 P3-P4</b>	<b>29.09</b>	<b>6.89</b>
<b>GIRDER 45 P4-P5</b>	<b>29.09</b>	<b>6.89</b>
<b>GIRDER 25 P5-A2</b>	<b>29.09</b>	<b>6.89</b>
<b>SLAB A1-P1</b>	<b>9.86</b>	<b>1.22</b>
<b>SLAB P1-P2</b>	<b>13.57</b>	<b>1.67</b>
<b>SLAB P2-P3</b>	<b>15.52</b>	<b>1.9</b>
<b>SLAB P3-P4</b>	<b>13.57</b>	<b>1.67</b>
<b>SLAB P4-P5</b>	<b>15.52</b>	<b>1.9</b>
<b>SLAB P5-A2</b>	<b>7.13</b>	<b>0.89</b>

Lampiran 4: Hasil Analisa PERT Metode Launcher

Name	PERT Estimate	Variance
<b>ABUTMENT 1</b>	<b>36.05</b>	<b>6.36</b>
<b>PILAR 1</b>	<b>124.77</b>	<b>23.05</b>
<b>PILAR 2</b>	<b>172.56</b>	<b>31.21</b>
<b>PILAR 3</b>	<b>172.56</b>	<b>31.21</b>
<b>PILAR 4</b>	<b>131.44</b>	<b>20.46</b>
<b>PILAR 5</b>	<b>43.2</b>	<b>6.02</b>
<b>ABUTMENT 2</b>	<b>36.05</b>	<b>6.36</b>
<b>GIRDER 30 A1-P1</b>	<b>32.21</b>	<b>6.62</b>
<b>GIRDER 45 P1-P2</b>	<b>32.21</b>	<b>6.62</b>
<b>GIRDER 45 P2-P3</b>	<b>32.21</b>	<b>6.62</b>
<b>GIRDER 45 P3-P4</b>	<b>32.21</b>	<b>6.62</b>
<b>GIRDER 45 P4-P5</b>	<b>32.21</b>	<b>6.62</b>
<b>GIRDER 25 P5-A2</b>	<b>32.21</b>	<b>6.62</b>
<b>SLAB A1-P1</b>	<b>9.86</b>	<b>1.22</b>
<b>SLAB P1-P2</b>	<b>13.57</b>	<b>1.67</b>
<b>SLAB P2-P3</b>	<b>15.52</b>	<b>1.9</b>
<b>SLAB P3-P4</b>	<b>13.57</b>	<b>1.67</b>
<b>SLAB P4-P5</b>	<b>15.52</b>	<b>1.9</b>
<b>SLAB P5-A2</b>	<b>7.13</b>	<b>0.89</b>

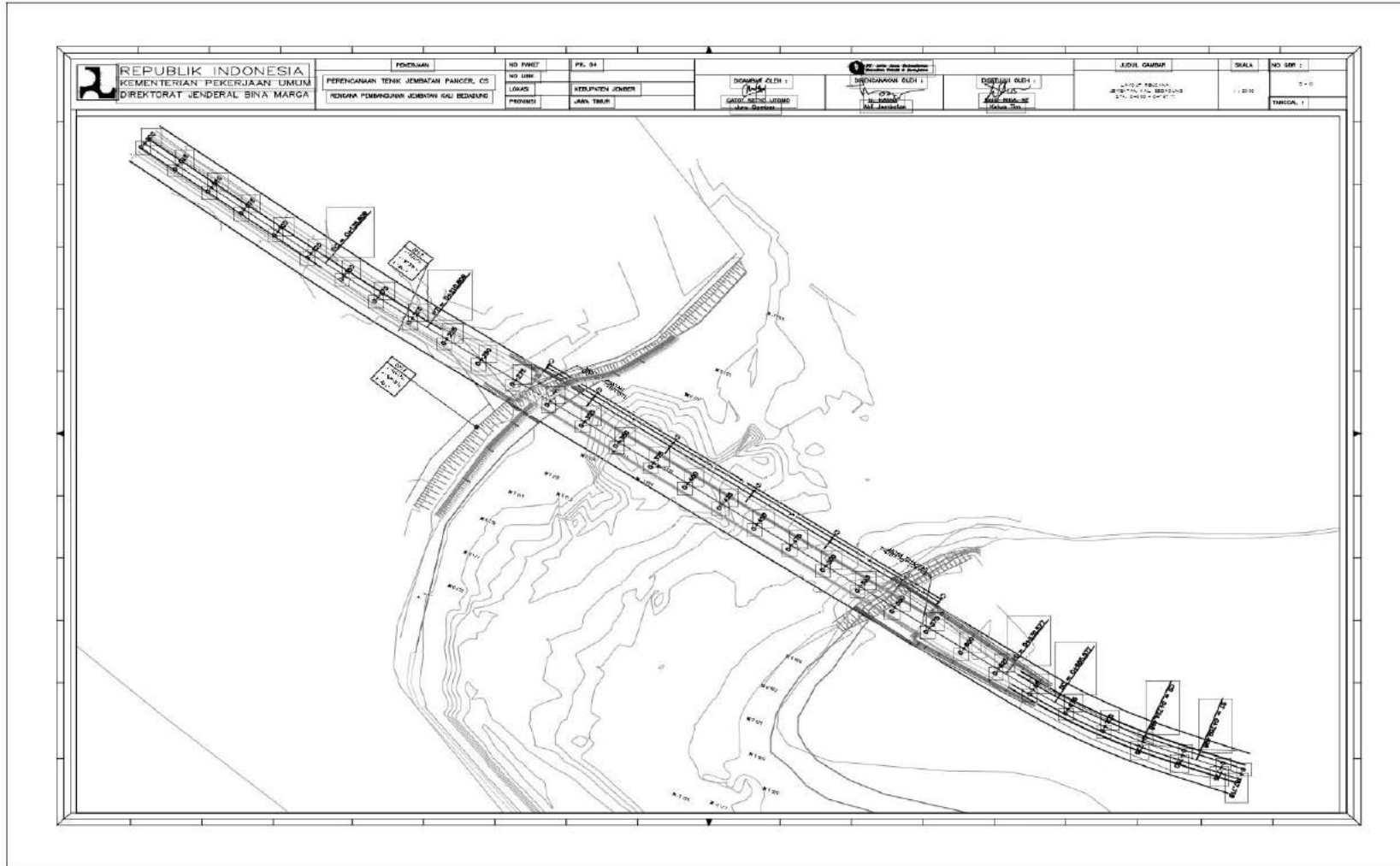
Lampiran 5: Data Durasi dari *Expert*

Pekerjaan	Sub-pekerjaan	Durasi (jam)			Volume
		Pesimis	Paling mungkin	Optimis	
1.Abutment	1.1 Pembuatan Bekisting Pile cap	32.00	24.00	16.00	300 m2
	1.2 Penulangan Pile Cap	72.00	56.00	16.00	3000 kg
	1.3 Pengecoran Pile Cap	16.00	8.00	8.00	470 m3
	1.4 Pembuatan Bekisting Abutment	16.00	8.00	4.00	50 m2
	1.5 Penulangan Abutment	8.00	4.00	4.00	700 kg
	1.6 Pengecoran Abutment	80.00	40.00	24.00	42 m3
2.Pilar	2.1 Pembuatan Bekisting Pile cap	32.00	24.00	16.00	300 m2
	2.2 Penulangan Pile Cap	72.00	56.00	16.00	3000 kg
	2.3 Pengecoran Pile Cap	16.00	8.00	8.00	470 m3
	2.4 Pembuatan Bekisting Pilar	16.00	8.00	4.00	50 m2
	2.5 PenulanganPilar	8.00	4.00	4.00	700 kg
	2.6 Pengecoran Pilar	80.00	40.00	24.00	200 m3
3.Balok <i>Girder</i>	3.1 Pengangkutan	2.66	2.50	1.33	8 unit
	3.2 Pemasangan Tulangan	0.75	0.25	0.25	1 unit
	3.3 <i>PreStressing</i>	8.00	2.00	1.00	1 unit
	3.4 Instalasi <i>Launcher Girder</i>	45.50	29.50	25.00	1 unit
	3.5 Pemasangan <i>Service Crane</i>	20.00	16.00	16.00	1 unit
	3.6 Pengangkutan <i>Service Crane</i> ke kapal	38.00	30.00	28.00	2 unit
	3.7 Pemasangan Elastomer	1.60	1.00	0.17	1 unit
	3.8 Pemasangan <i>Girder</i> dengan <i>launcher</i>	4.00	2.50	2.00	1 unit
	3.9 Pemasangan <i>Girder</i> dengan <i>crane</i>	4.50	1.50	0.50	1 unit
	3.10 Instalasi <i>Gider</i>	6.00	4.00	4.00	1 unit
4.Plat Lantai Jembatan	4.1 Pembuatan Bekisting Plat Lantai	0.49	0.63	1.09	M2/jam
	4.2 Penulangan Plat Lantai	24.00	16.00	8.00	64 kg
	4.3 Pengecoran Plat Lantai	20.00	16.00	12.00	170 m3

Lampiran 6 : Contoh Tabel Pengambilan Data dari *Expert*

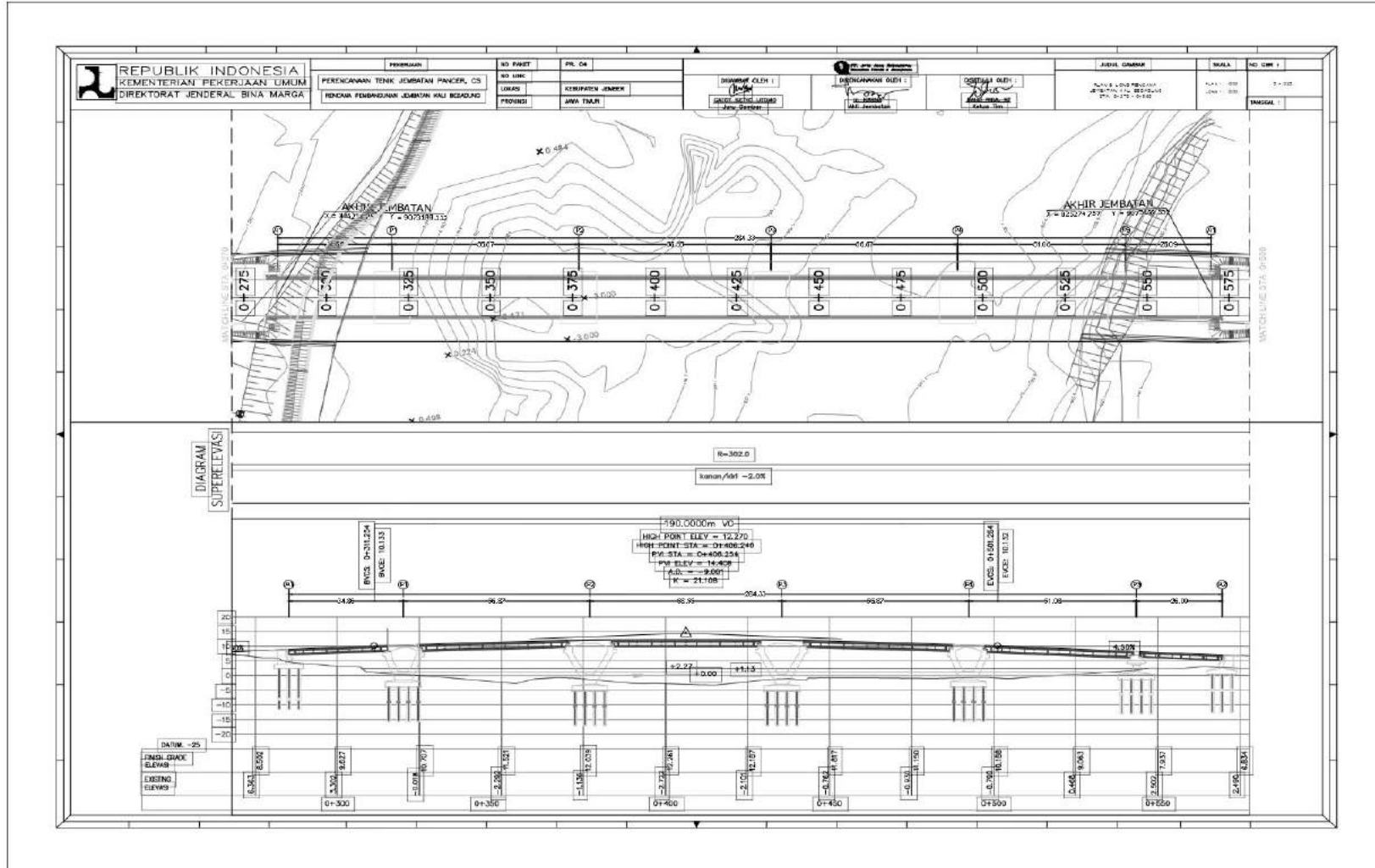
Pekerjaan	Sub-pekerjaan	Durasi (jam)			Volume
		Pesimis	Paling mungkin	Optimis	
1.Abutment	1.1 Pembuatan Bekisting Pile cap				
	1.2 Penulangan Pile Cap				
	1.3 Pengecoran Pile Cap				
	1.4 Pembuatan Bekisting Abutment				
	1.5 Penulangan Abutment				
	1.6 Pengecoran Abutment				
2.Pilar	2.1 Pembuatan Bekisting Pile cap				
	2.2 Penulangan Pile Cap				
	2.3 Pengecoran Pile Cap				
	2.4 Pembuatan Bekisting Pilar				
	2.5 PenulanganPilar				
	2.6 Pengecoran Pilar				
3.Balok Girder	3.1 Pengangkutan				
	3.2 Pemasangan Tulangan				
	3.3 PreStressing				
	3.4 Instalasi Launcher Girder				
	3.5 Pemasangan Service Crane				
	3.6 Peggangkutan Service Crane ke kapal				
	3.7 Pemasangan Elastomer				
	3.8 Pemasangan Girder dengan launcher				
	3.9 Pemasangan Girder dengan crane				
	3.10 Instalasi Gider				
4.Plat Lantai Jembatan	4.1 Pembuatan Bekisting Plat Lantai				
	4.2 Penulangan Plat Lantai				
	4.3 Pengecoran Plat Lantai				

Lampiran 7 : Tampak Atas Jembatan Bedadung

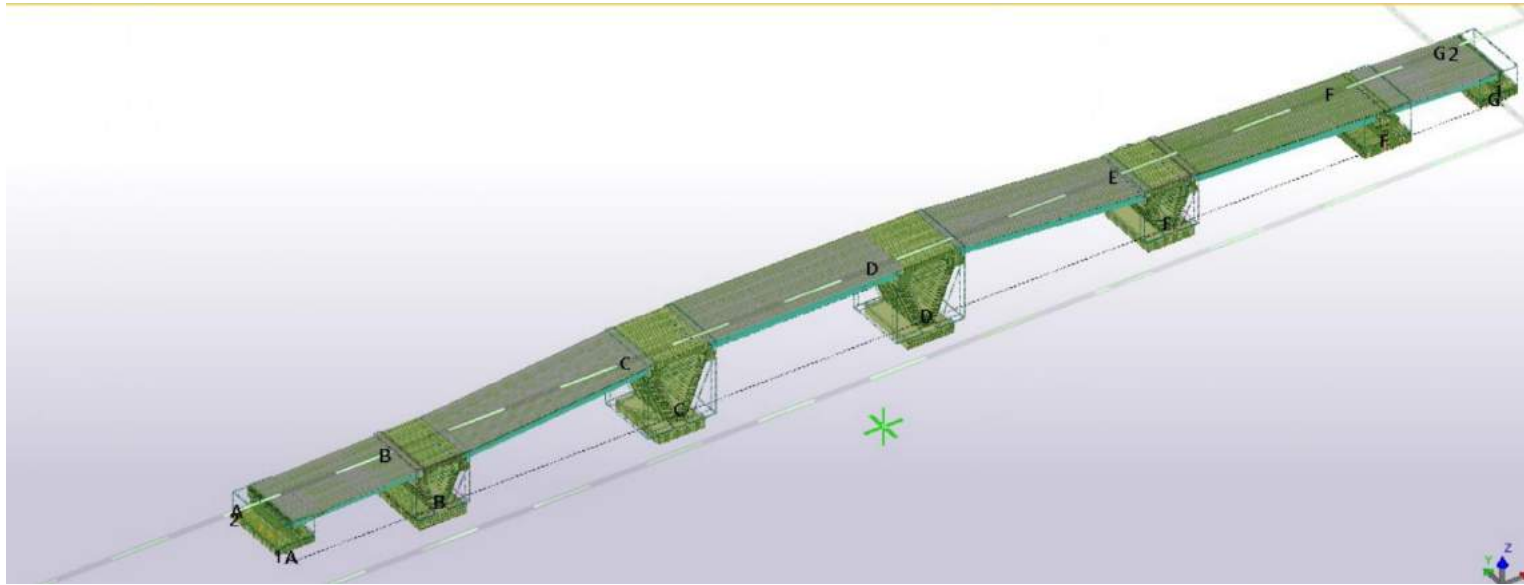




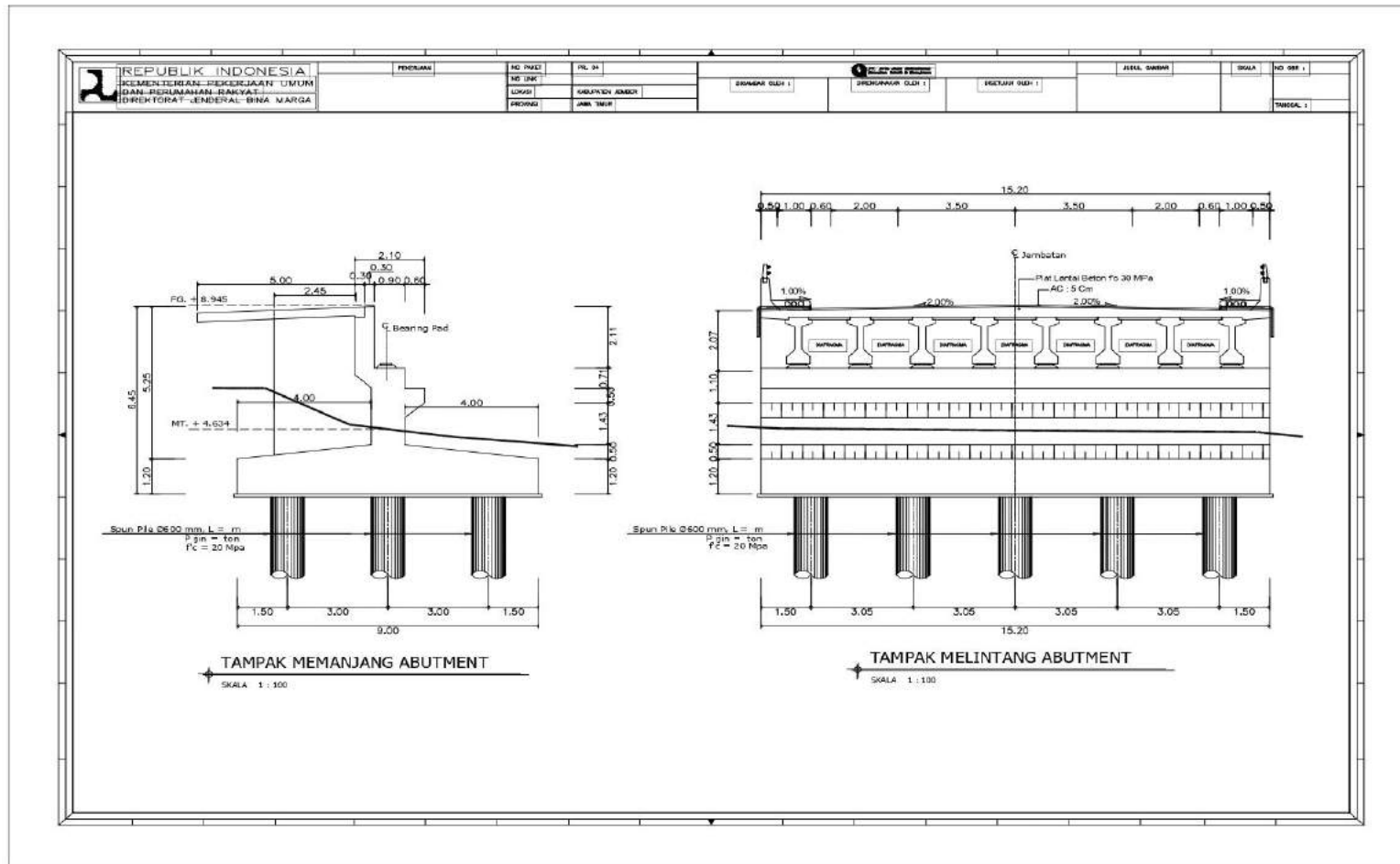
Lampiran 8 : Tampak Samping Jembatan Bedadung

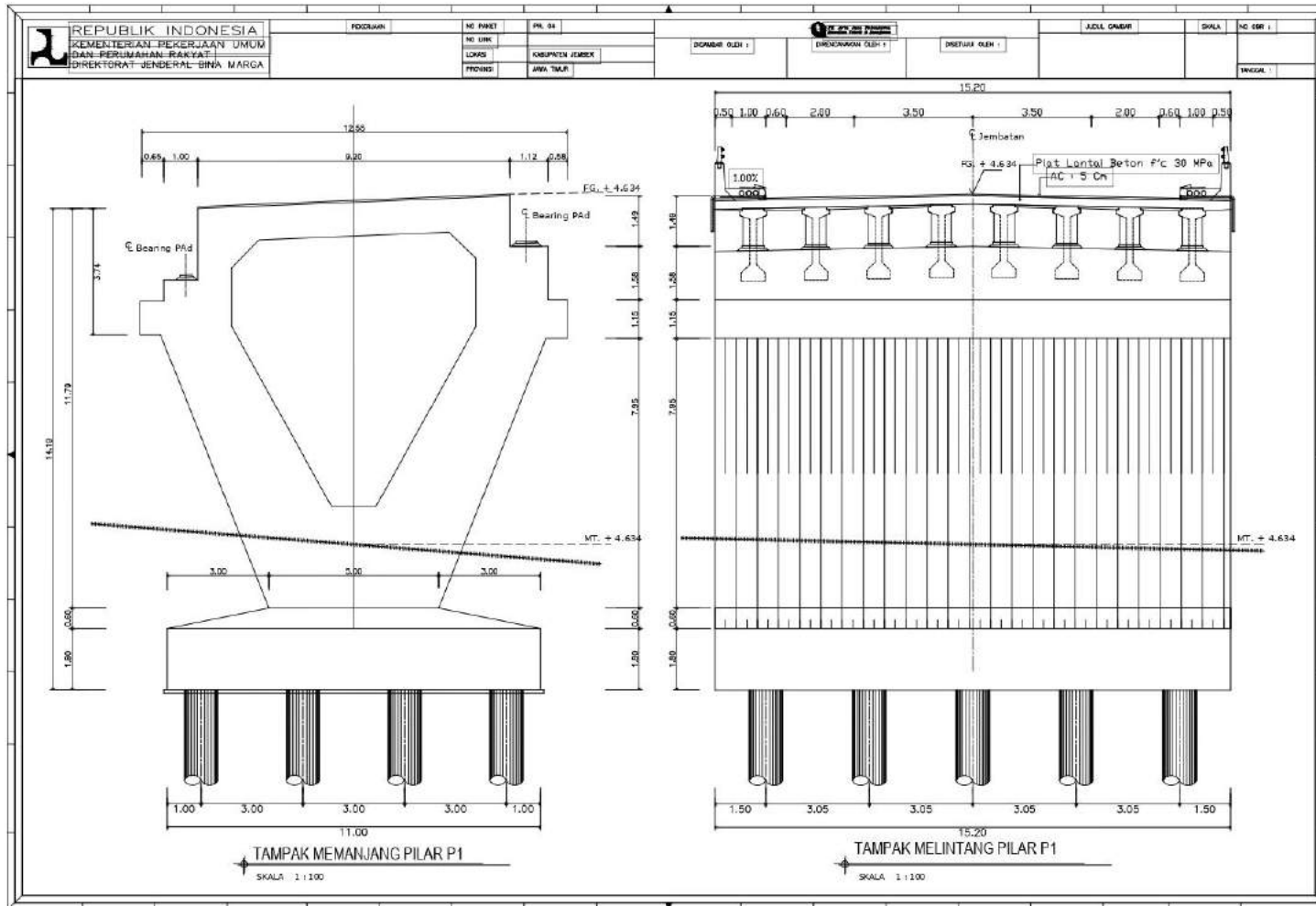


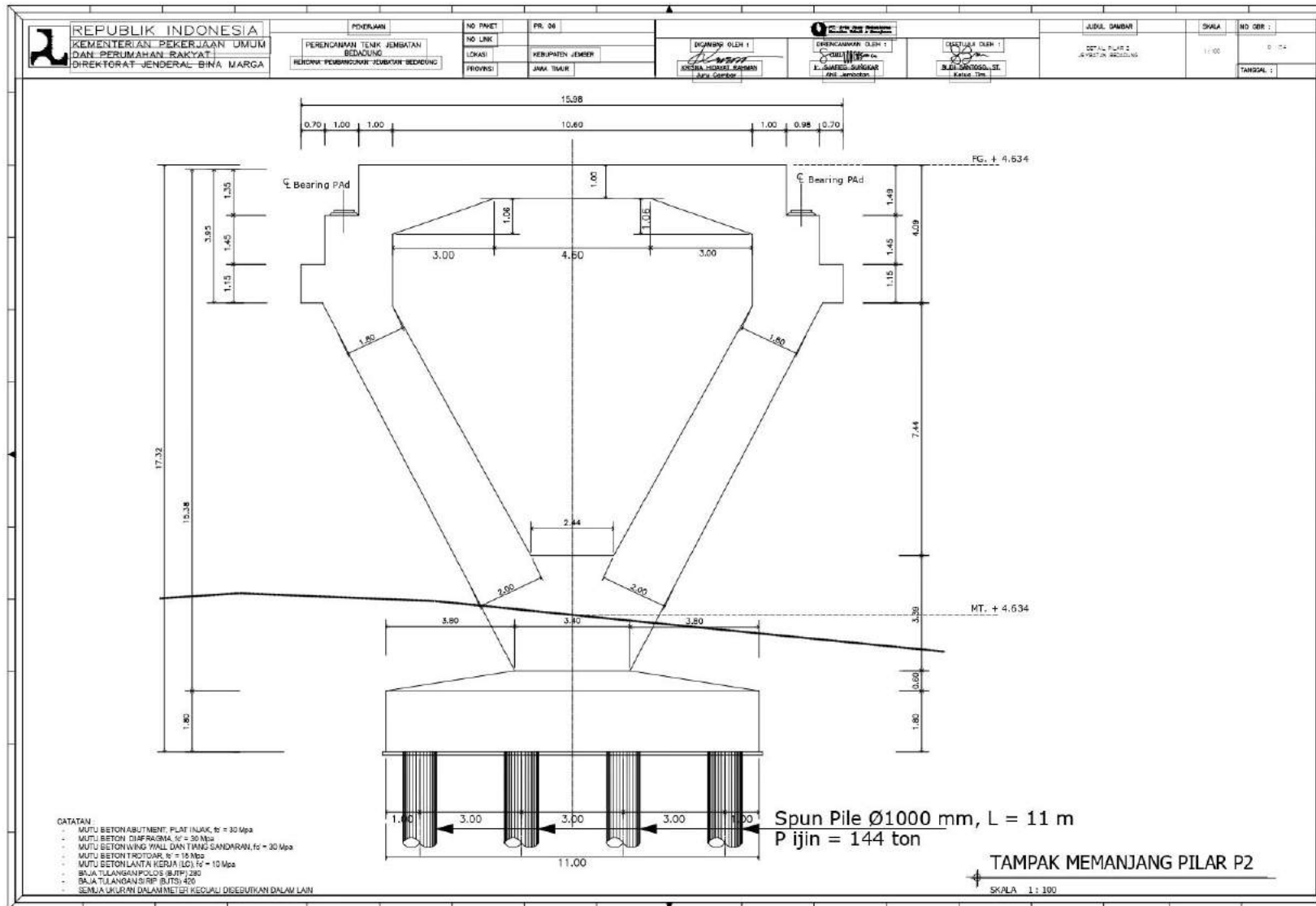
Lampiran 9 : Model Jembatan Bedadung

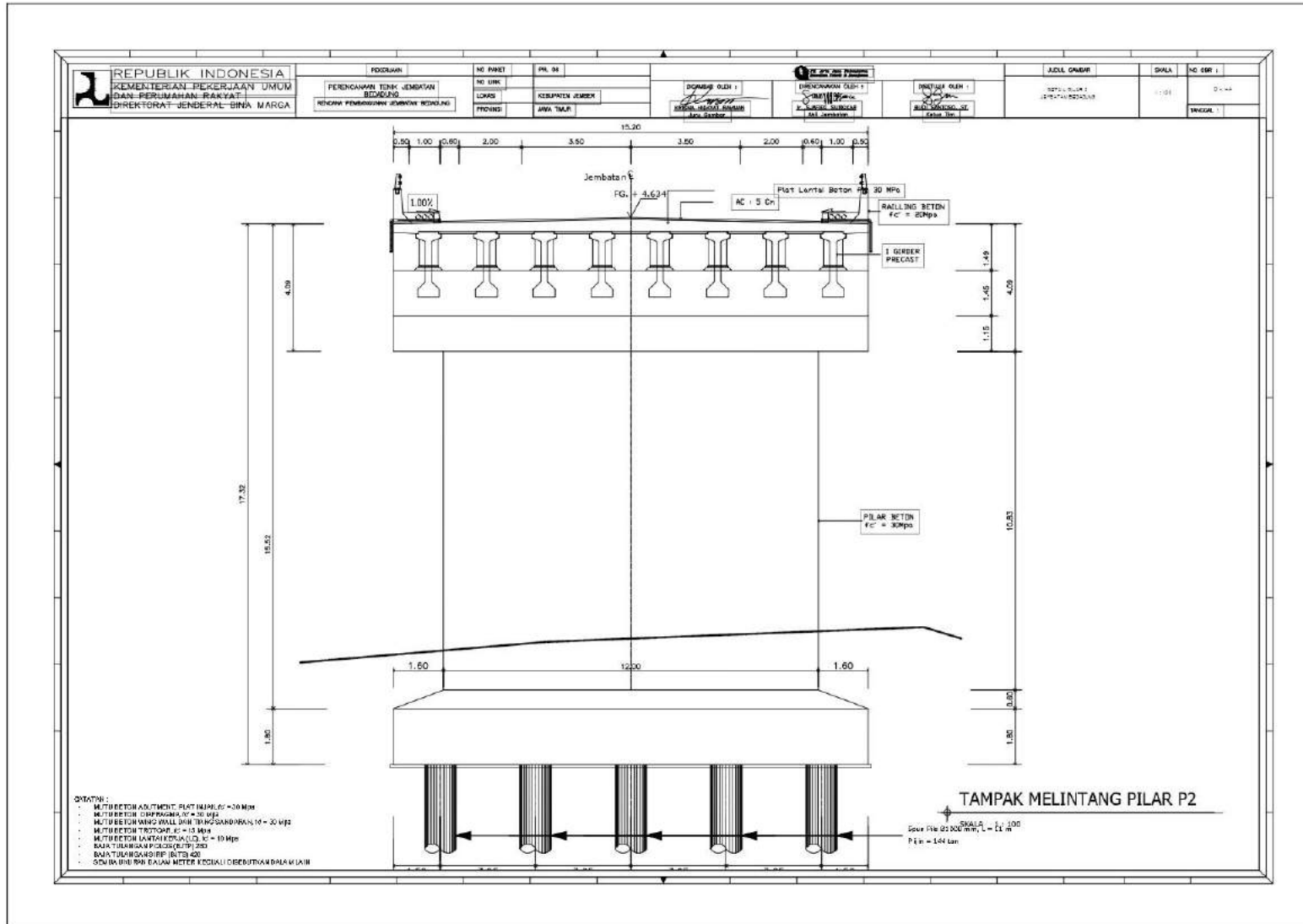


Lampiran 10 : Abutment dan Pilar

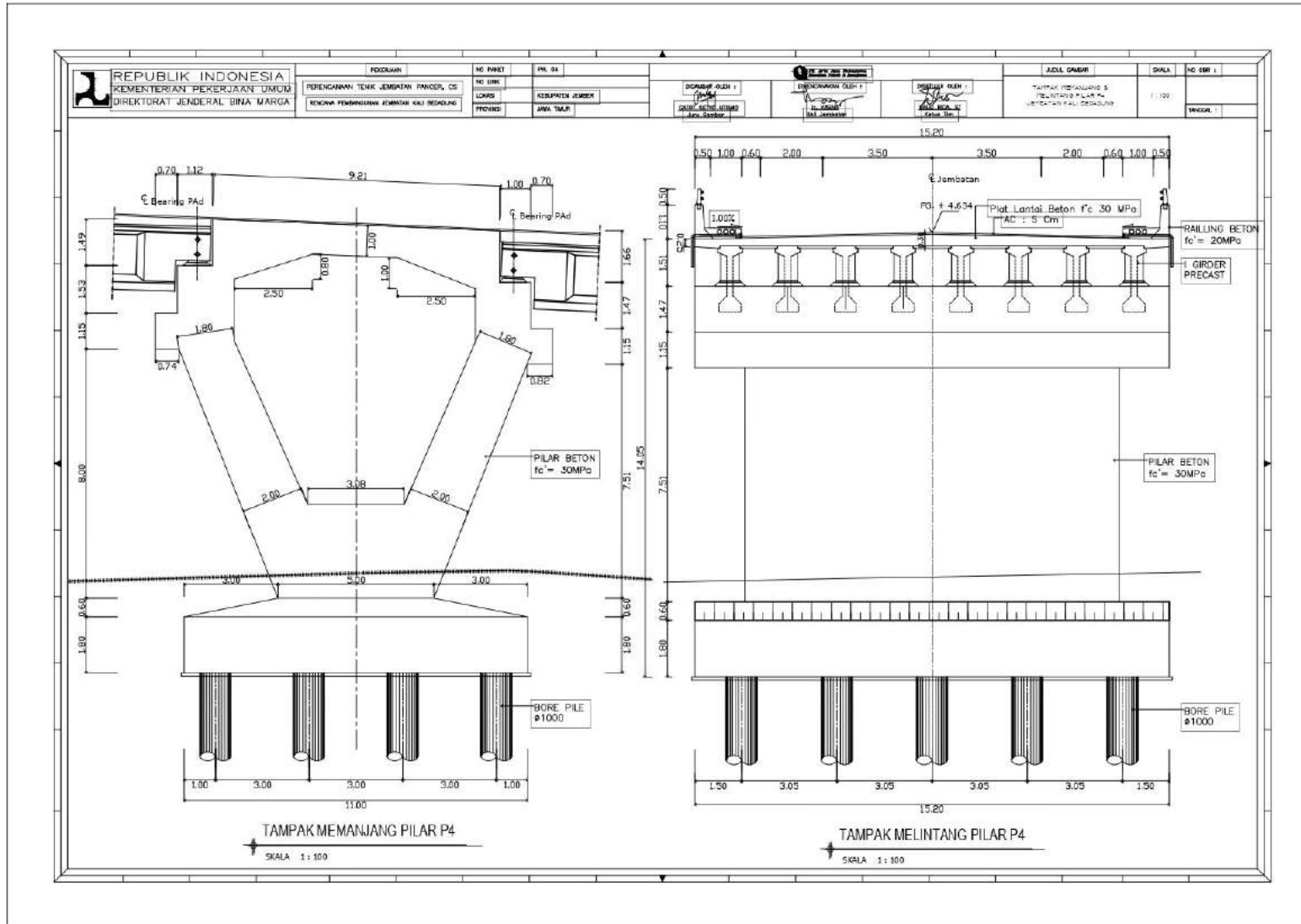






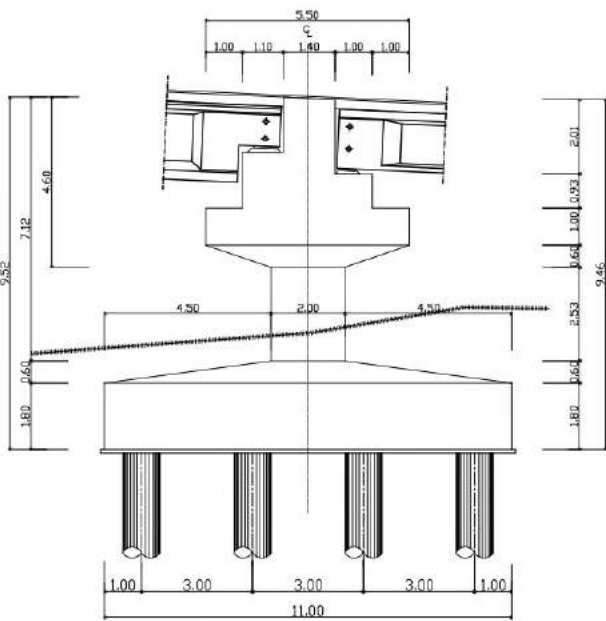




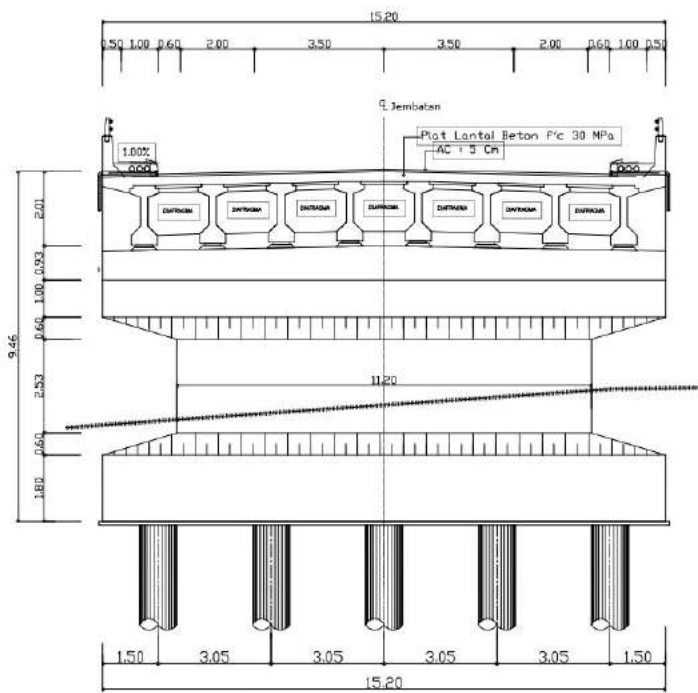




 REPUBLIK INDONESIA KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA	PROJEKSI	NO. PAKET	PIL. 01	 PT. P3M PT. P3M PT. P3M	JUMLAH GAMBAR	SKALA	NO. SERI	
		NO. URUT			DEKORASI GELER			
		LOKASI	KABUPATEN / KEMER		DIREKSI/DAKOTAH GELER			
		PROVINSI	JAWA TIMUR		DISTRIK GELER			
							TREKING	

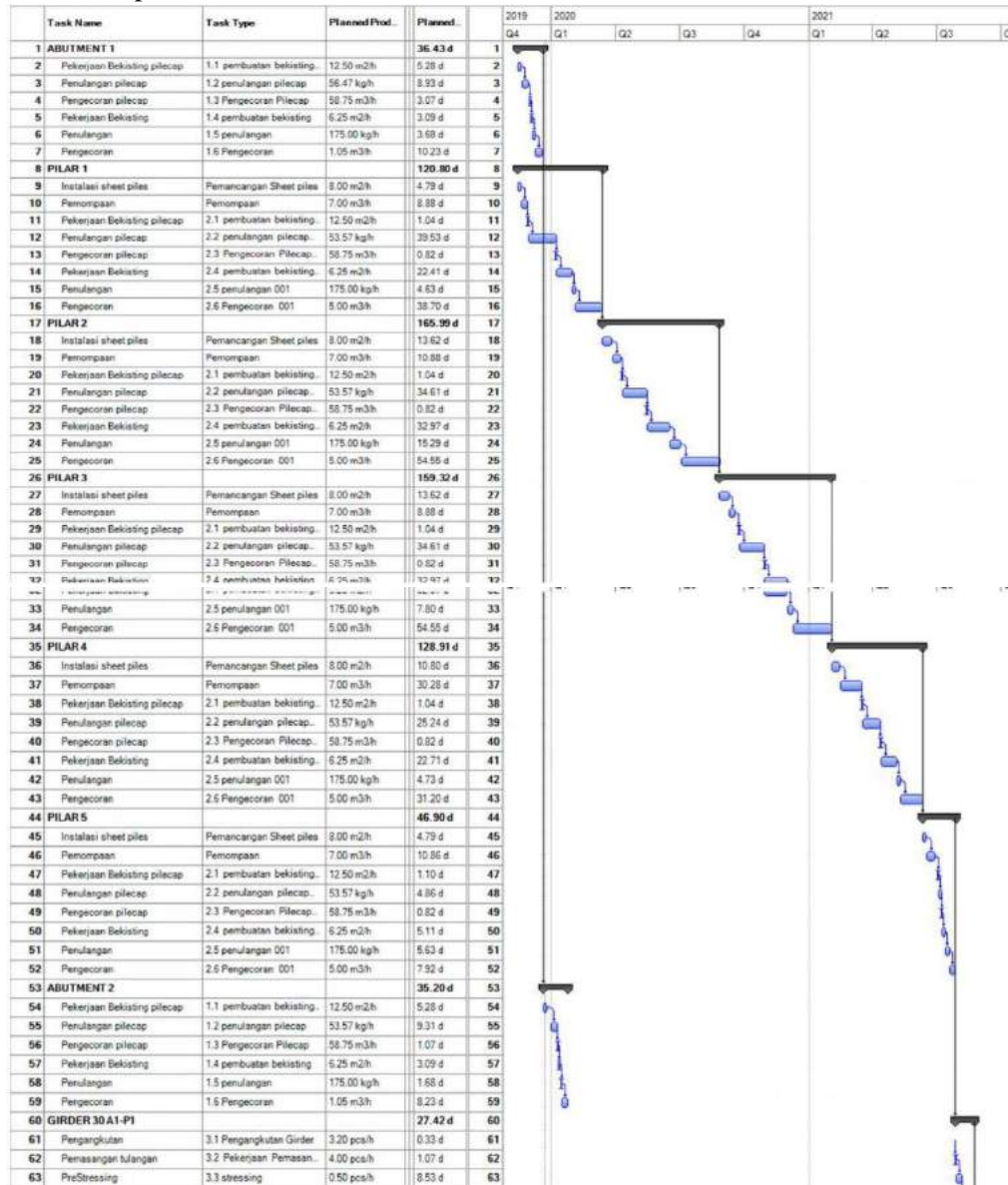


TAMPAK MEMANJANG PILAR P5  
 SKALA 1 : 125



TAMPAK MELINTANG PILAR P5  
 SKALA 1 : 125

Lampiran 11 : Schedule BIM





Gabriel Henry,



Penulis dilahirkan 25 maret 1997, merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD St. Carolus (Surabaya), SMP St. Carolus (Surabaya), SMA St. Hendrikus (Surabaya). Setelah lulus dari SMA penulis mengikuti ujian masuk perguruan tinggi di ITS dan diterima di Jurusan Teknik Sipil pada Tahun 2015.