PROYEK AKHIR - VC231834

ANALISIS PERBANDINGAN WAKTU DAN BIAYA PELAKSANAAN BERDASARKAN *QUANTITY TAKE-OFF* METODE KONVENSIONAL DAN BIM PADA PROYEK PEMBANGUNAN TOL PROBOLINGGO BANYUWANGI PAKET 3B ZONA 2

I MADE AHIMSA DEWANATA
NRP 2035211046

Dosen Pembimbing
Aan Fauzi, S.T.,M.T.
NIP 1986201911090

Ragil Purnamasari, S.T., M.T., M.Sc.
NIP 199106282024062001

Program Studi Sarjana Terapan Teknik Sipil
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2025

PROYEK AKHIR – VC231834

ANALISIS PERBANDINGAN WAKTU DAN BIAYA PELAKSANAAN BERDASARKAN *QUANTITY TAKE-OFF* METODE KONVENSIONAL DAN BIM PADA PROYEK PEMBANGUNAN TOL PROBOLINGGO BANYUWANGI PAKET 3B ZONA 2

I MADE AHIMSA DEWANATA

NRP 2035211046

Dosen Pembimbing

Aan Fauzi, S.T.,M.T.

NIP 1986201911090

Ragil Purnamasari, S.T., M.T., M.Sc.

NIP 199106282024062001

Program Studi Sarjana Terapan Teknik Sipil

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil

Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2025

FINAL PROJECT – VC231834

ANALYSIS OF TIME AND COST COMPARISON OF IMPLEMENTATION BASED ON QUANTITY TAKE-OFF USING CONVENTIONAL METHOD AND BIM IN THE PROBOLINGGO BANYUWANGI TOLL ROAD CONSTRUCTION PROJECT SECTION 3B ZONE 2

I MADE AHIMSA DEWANATA

NRP 2035211046

Advisor

Aan Fauzi, S.T.,M.T.

NIP 1986201911090

Ragil Purnamasari, S.T., M.T., M.Sc.

NIP 199106282024062001

Study Program Applied Bachelor of Civil Engineering

Department of Civil Infrastructure Engineering

Faculty of Vocation

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2025

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL TUGAS AKHIR DITULIS SINGKAT JELAS DAN MENGGAMBARKAN TEMA POKOK

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Terapan pada
Program Studi Sarjana Terapan Teknik Sipil Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh: **I Made Ahimsa Dewanata**
NRP. **2035211046**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Aan Fauzi, S.T., M.T.	Pembimbing I	(.....)
2. Ragil Purnamasari, S.T., M.T., M.Sc.	Pembimbing II	(.....)
3. Ir. Akhmad Yusuf Zuhdy, PG.DipL.Plg.MRE.	Penguji I	(.....)
4. Mohammad Akbar Alrasyidi, S.T., M.T.	Penguji II	(.....)

01 AUG 2025

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Infrastruktur Sipil FV ITS

Tatas, ST., MT., Ph.D.
NIP. 198006212005011002

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PERNYATAAN ORISINALITAS
STATEMENT OF ORIGINALITY

Yang bertanda tangan di bawah ini
The undersigned below

Nama Mahasiswa / NRP : I Made Ahimsa Dewanata / 2035211046
Student Full Name / Student ID
Program Studi : Sarjana Terapan Teknik Sipil
Study Programme

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul "Analisis Perbandingan Waktu dan Biaya Pelaksanaan Berdasarkan Quantity Take – Off Metode Konvensional dan BIM Pada Proyek Pembangunan Tol Probolinggo Banyuwangi Paket 3B Zona 2" adalah hasil karya saya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah. Tugas Akhir ini telah diperiksa menggunakan aplikasi Turnitin dan memperoleh tingkat kemiripan sebesar 14%. Sebagai bagian dari pernyataan ini, saya melampirkan hasil uji kemiripan Turnitin sebagai bukti pendukung.
Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Hereby declare that the Final Project with the title of "Analysis Of Time And Cost Comparison Of Implementation Based On Quantity Take-Off Using Conventional Method And Bim In The Probolinggo-Banyuwangi Toll Road Construction Project Section 3b Zone 2" is the result of my own work, is original, and was written following the rules of scientific writing.
This Final Project has been checked using the Turnitin application and obtained a similarity index of 14%. As part of this statement, I attach the Turnitin similarity report as supporting evidence.
If in the future there is a discrepancy with this statement, then I am willing to accept sanctions in accordance with the provisions that apply at Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 7 Juli 2025
Mahasiswa,

(I Made Ahimsa Dewanata)
NRP. 2035211046

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

TA_Laporan_I Made Ahimsa Dewanata_turnitin.pdf

ORIGINALITY REPORT

14%	14%	4%	6%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repository.its.ac.id Internet Source	2%
2	pdfcoffee.com Internet Source	1%
3	qdoc.tips Internet Source	1%
4	repository.umsu.ac.id Internet Source	1%
5	es.scribd.com Internet Source	1%
6	dspace.uii.ac.id Internet Source	<1%
7	pt.scribd.com Internet Source	<1%
8	ar.scribd.com Internet Source	<1%
9	repository.ub.ac.id Internet Source	<1%

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PERNYATAAN KODE ETIK PENGGUNAAN AI GENERATIF

CODE OF CONDUCT STATEMENT: GENERATIVE AI OR AI-ASSISTED USAGE

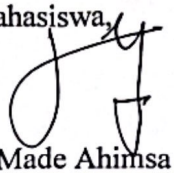
Saya yang bertanda tangan di bawah ini
I, the undersigned

Nama Mahasiswa / NRP *Full Name / Student ID*	:	I Made Ahimsa Dewanata / 2035211046
Program Studi *Study Programme*	:	Sarjana Terapan Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir *Final Project Title*	:	Analisis Perbandingan Waktu dan Biaya Pelaksanaan Berdasarkan Quantity Take – Off Metode Konvensional dan BIM Pada Proyek Pembangunan Tol Probolinggo Banyuwangi Paket 3B Zona 2

dengan ini menyatakan bahwa pada Tugas Akhir dengan judul di atas tersebut:
hereby declare that in the Final Project with the above title:

No.	Pernyataan *Statement*	(√)
1	Saya tidak menggunakan AI generatif sama sekali *I did not use generative AI at all*	
2	Saya hanya menggunakan AI generatif sebagai alat bantu untuk memperbaiki tata bahasa. AI generatif tidak digunakan untuk membuat isi Tugas Akhir. *I only used generative AI as a tool to improve the readability or language of the text in my Final Project. It was not used to generate a complete text of my work.*	√
3	Saya telah memeriksa dan/atau memperbaiki seluruh bagian dari Tugas Akhir saya yang dibantu oleh AI generatif agar sesuai dengan baku mutu penulisan karya ilmiah. *I have reviewed and refined all aspects of my work that generative AI assists with, ensuring it adheres to the standards of academic writing.*	√
4	Saya tidak menggunakan AI generatif untuk pembuatan data primer, grafik dan/atau tabel pada Tugas Akhir saya. *I did not use generative AI to generate primary data, figures, and/or tables in my work.*	√
5	Saya telah memberikan atribusi/pengakuan terhadap alat AI yang digunakan, secara rinci pada suatu bagian pada lampiran. *I have acknowledged the use of generative AI in any part of the work in the specific appendix page.*	
6	Saya memastikan tidak ada plagiarisme, termasuk hal yang berasal dari penggunaan AI generatif. *I have ensured that there is no plagiarism issue in the work, including any parts generated by AI.*	√

Surabaya, 7 Juli 2025
Mahasiswa,



(I Made Ahimsa Dewanata)
NRP. 2035211046

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Berita Acara Sidang Proyek Akhir / Thesis

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS
Semester Genap 2024-2025
Nomor Jadwal 5

Bahwa pada hari ini : Senin, 07 Juli 2025 Pukul : 08.00 s/d 10.00
Di tempat : R-2
Program Studi : D4-Teknik Sipil
Nama Mahasiswa : I MADE AHIMSA DEWANATA
NRP : 2035211046

Tanda Tangan Mahasiswa

Judul sidang Proyek Akhir/Thesis :

ANALISIS PERBANDINGAN WAKTU DAN BIAYA PELAKSANAAN BERDASARKAN QUANTITY TAKE-OFF METODE KONVENSIONAL DAN BIM PADA PROYEK PEMBANGUNAN TOL PROBOLINGGO BANYUWANGI PAKET 3B ZONA 2

Yang dihadiri oleh Dosen Pembimbing :

No	NIP | Nama Dosen	Tanda Tangan
1	Aan Fauzi, S.T., M.T.||1986201911090	
2	Ragil Purnamasari, S.T., M.T., M.Sc.||199106282024062001	
3		

Yang dihadiri oleh Dosen Penguji :

No	NIP | Nama Dosen	Tanda Tangan
1	Ir. Akhmad Yusuf Zuhdy, PG.DipL.Plg.MRE.||196106081986011001	
2	Mohammad Akbar Alrasyidi, S.T., M.T.||199401022024061001	
3		

Bahwasanya, musyawarah pembimbing dan penguji pada sidang proyek akhir/thesis ini memutuskan :

- [ ] **LULUS**
- [x] **LULUS, DENGAN REVISI/CATATAN**
- [ ] **TIDAK LULUS SIDANG**

Catatan / revisi / masukan : **TERLAMPIR**

Tindak lanjut :

Mahasiswa memperbaiki/memperbaiki Proyek Akhir/Thesis sesuai dengan masukan dari Bapak/Ibu Dosen Pemimbing/Penguji

Penutup :

Demikian Berita Acara Sidang Proyek Akhir/Thesis ini dibuat sebagai panduan revisi oleh Mahasiswa.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR REVISI / PERBAIKAN

Peserta Sidang Proyek Akhir/Thesis :

Nama Mahasiswa : I MADE AHIMSA DEWANATA
NRP : 2035211046
Program Studi : D4-Teknik Sipil
Judul sidang Proyek Akhir/Thesis :

ANALISIS PERBANDINGAN WAKTU DAN BIAYA PELAKSANAAN BERDASARKAN QUANTITY TAKE-OFF METODE KONVENSIONAL DAN BIM PADA PROYEK PEMBANGUNAN TOL PROBOLINGGO BANYUWANGI PAKET 3B ZONA 2

Catatan / revisi / masukan :

Nama Dosen :	Tanda Tangan :
Aan Fauzi, S.T., M.T.||1986201911090	

- Ghat ctt pak Yusp.

Note : Jika isian catatan revisi/perbaikan kurang, dapat mengisi di balik lembar ini.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR REVISI / PERBAIKAN

Peserta Sidang Proyek Akhir/Thesis :

Nama Mahasiswa : I MADE AHIMSA DEWANATA
NRP : 2035211046
Program Studi : D4-Teknik Sipil
Judul sidang Proyek Akhir/Thesis :

ANALISIS PERBANDINGAN WAKTU DAN BIAYA PELAKSANAAN BERDASARKAN QUANTITY TAKE-OFF METODE KONVENSIONAL DAN BIM PADA PROYEK PEMBANGUNAN TOL PROBOLINGGO BANYUWANGI PAKET 3B ZONA 2

Catatan / revisi / masukan :

Nama Dosen :	Tanda Tangan :
Ragil Purnamasari, S.T., M.T., M.Sc.||199106282024062001	

1. Biaya investasi alat (hardware & software) & SDM
2. 30 metode

Note : Jika isian catatan revisi/perbaikan kurang, dapat mengisi di balik lembar ini.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR REVISI / PERBAIKAN

Peserta Sidang Proyek Akhir/Thesis :

Nama Mahasiswa : I MADE AHIMSA DEWANATA
NRP : 2035211046
Program Studi : D4-Teknik Sipil
Judul sidang Proyek Akhir/Thesis :

ANALISIS PERBANDINGAN WAKTU DAN BIAYA PELAKSANAAN BERDASARKAN QUANTITY TAKE-OFF METODE KONVENSIONAL DAN BIM PADA PROYEK PEMBANGUNAN TOL PROBOLINGGO BANYUWANGI PAKET 3B ZONA 2

Catatan / revisi / masukan :

Nama Dosen :	Tanda Tangan :
Mohammad Akbar Alrasyidi, S.T., M.T.||199401022024061001	

- perbaiki penulisan daftar pustaka
- sesuaikan penulisan rumusan masalah dengan tujuan
- tambahkan sumber untuk semua deskripsi, narasi, gambar, tabel pada bab 2 dan bab 4
- Apa fungsi dari modul biaya K3 pada TA ini ?
- tambahkan sumber pada harga satuan di lampiran
- perbaiki sistematika penulisan dan cek typo pada semua bab
- buat animasi yang menunjukkan keunggulan BIM

Note : Jika isian catatan revisi/perbaikan kurang, dapat mengisi di balik lembar ini.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR REVISI / PERBAIKAN

Peserta Sidang Proyek Akhir/Thesis :

Nama Mahasiswa : I MADE AHIMSA DEWANATA
NRP : 2035211046
Program Studi : D4-Teknik Sipil
Judul sidang Proyek Akhir/Thesis :

ANALISIS PERBANDINGAN WAKTU DAN BIAYA PELAKSANAAN BERDASARKAN QUANTITY TAKE-OFF METODE KONVENSIONAL DAN BIM PADA PROYEK PEMBANGUNAN TOL PROBOLINGGO BANYUWANGI PAKET 3B ZONA 2

Catatan / revisi / masukan :

Nama Dosen :	Tanda Tangan :
Ir. Akhmad Yusuf Zuhdy, PG.DipL.Plg.MRE.||196106081986011001	

- Apa yg dilakukan? Scope of work terlalu sempit.
- Tujuan menjawab Rumusan Masalah.
- Kl ada identifikasi Resiko bahaya yg besar / penting
- Apakah Rekomendasi tersebut akhir juga untuk tambahan biaya SDM. ? SDA ?

Note : Jika isian catatan revisi/perbaikan kurang, dapat mengisi di balik lembar ini.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR ASISTENSI REVISI/PERBAIKAN PROYEK AKHIR SARJANA TERAPAN TEKNIK SIPIL ITS

(Revisi oleh mahasiswa setelah maju sidang ujian proyek akhir kemudian diasistensikan ke penguji dan pembimbing untuk mendapatkan persetujuan revisi)

Nama : I Made Ahimsa Dewanata
NRP : 20352111046
Program Studi : DIV Teknik Sipil
Judul Sidang Proposal PA : Analisis Perbandingan Waktu dan Biaya Pelaksanaan Berdasarkan Quantity Take-Off Metode Konvensional dan BIM pada Proyek Pembangunan Tol Probolinggo Banyuwangi Paket 3B Zona 2
Laboratorium : ~~LMSG~~/~~LTG~~/LMPK/~~LHS~~ (Coret yang tidak perlu)
Tanggal Maju Sidang Proposal : 7 Juli 2025

Mahasiswa mencetak catatan revisi setelah maju sidang, kemudian menulis kembali catatan revisi dari dosen pembimbing dan penguji sidang PA, kemudian diasistensikan kepada dosen penguji dan pembimbing. **Batas waktu revisi proyek akhir: 14 hari setelah ujian sidang proyek akhir. Lembar bukti asistensi revisi** ini diupload di departemen sebagai bukti proposal sudah disetujui.

No.	Nama Dosen Pembimbing/Penguji	Saran Revisi Dosen (mahasiswa mengisi berdasarkan berita acara lembar revisi saat maju sidang)	Sudah direvisi mahasiswa (mahasiswa mencatat halaman)	Tgl/Bln/Th. (waktu asistensi)	Catatan Dosen Pembimbing/ Penguji	Tanda Tangan Dosen (dosen tanda tangan setelah asistensi, dan menulis ACC jika sudah diterima revisinya.
1.	Aan Fauzi, S.T., M.T.	-				22/7/25
2.	Ragil Purnamasari, S.T., M.T., M.Sc.	- Tambahkan Biaya investasi alat (harware & software) dan biaya SDM pada metode BIM - Buat 3D Metopel (Animasi)	✓ ✓		lengkapi caption video	17/07

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

No.	Nama Dosen Pembimbing/Penguji	Saran Revisi Dosen (mahasiswa mengisi berdasarkan berita acara lembar revisi saat maju sidang)	Sudah direvisi mahasiswa (mahasiswa mencatat halaman)	Tgl/Bln/Th. (waktu asistensi)	Catatan Dosen Pembimbing/ Penguji	Tanda Tangan Dosen (dosen tanda tangan setelah asistensi, dan menulis ACC jika sudah diterima revisinya.
	Ir. Akhmad Yusuf Zuhdy, PG.DipL.Plg.MPE.	- Tambahkan Animasi - Tujuan menjawab rumusan masalah (Hal 4) - Tambahkan IBPRP (Hal 171) - Tambahkan biaya SDM pada metode BIM (Hal 149)				28/7 acc. - identif. konflik
	Mohamamad Akbar Alrasyidi, S.T., M.T.	- Perbaiki penulisan daftar pustaka - Sesuaikan penulisan rumusan masalah dan tujuan - tambahkan sumber untuk narasi, gambar, tabel pada bab 2 dan 4 - tambahkan sumber pada harga satuan pada lampiran - Perbaiki sistematikan penulisan - Buat Animasi					28/7 acc

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, TINGGI, SAINS
DAN TEKNOLOGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
Kampus ITS Manyar, Jl. Raya Menur 127 Surabaya, 60116
Telepon: 031 5947637 Fax: 031 5938025
https://www.its.ac.id/tis/ email: tis@its.ac.id

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN/TESIS

Nama : I Made Ahimsa Dewanata
NRP : 03521110046
Judul Tugas Akhir : Analisis Perbandingan Waktu dan Biaya Pelaksanaan Berdasarkan Quantity Take-Off Metode Konvensional dan BIM pada Proyek Pembangunan Tol Probolinggo Banyuwangi Paket 3B Zona 2

Dosen Pembimbing :

NO	TGL	TUGAS/MATERI YANG DIBAHAS	TANDA TANGAN	KETERANGAN
1	28 April 2025	- Progres Permodelan Jalan & Struktur - Drainase Samping & saluran transisi tidak perlu dimodelkan (tetap dihitung) ~~tetap~~ - WBS		B C K
2		- Cek Progress - Durasi dan Biaya		B C K
3	19 Juni 2025	- Cek RAP - Lanjut Penjadwalan - Lanjut Laporan		B C K
				B C K
				B C K

Keterangan :

B ☐ = Lebih cepat dari jadwal
C ☐ = Sesuai dengan jadwal
K ☐ = Terlambat dari jadwal

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, TINGGI, SAINS
DAN TEKNOLOGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
Kampus ITS Manyar, Jl. Raya Menur 127 Surabaya, 60116
Telepon: 031 5947637 Fax: 031 5938025
https://www.its.ac.id/tis/ email: tis@its.ac.id

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN/TESIS

Nama : I Made Ahimsa Dewanata
NRP : 2035211096
Judul Tugas Akhir : Analisis Perbandingan waktu dan Biaya pelaksanaan Berdasarkan quantity Take - Off Metode konvensional dan BIM pada Proyek pembangunan Tol Probolinggo Banyuwangi Paket 3B Zona 2
Dosen Pembimbing : Ragil Purnamasari S.T., M.T., M.Sc.

NO	TGL	TUGAS/MATERI YANG DIBAHAS	TANDA TANGAN	KETERANGAN
	23/05/2025	- Laporan Bab 4 - QTO - Perhitungan Produktifitas		B ☐ C ☐ K ☐
	10/06/2025	- Selesaikan RAP - Selesaikan LAPORAN	10/6.	B ☐ C ☐ K ☐
	13/06/2025	- Prod. Pekerjaan Jembatan - Metoper - Laporan	13/06	B ☐ C ☐ K ☐
	20/06/2025	Laporan		B ☐ C ☐ K ☐
	23/06/2025	Laporan Perhitungan produktivitas Alat	23/06	B ☐ C ☐ K ☐

Keterangan :

B ☐ = Lebih cepat dari jadwal
C ☐ = Sesuai dengan jadwal
K ☐ = Terlambat dari jadwal

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
Kampus ITS Manyar, Jl. Raya Menur 127 Surabaya, 60116
Telepon: 031 5947637 Fax: 031 5938025
https://www.its.ac.id/tis/ email: tis@its.ac.id

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN/TESIS

Nama : I Made Alinsa Dewancita
NRP : 03521110046
Judul Tugas Akhir : Analisis Perbandingan Waktu dan Biaya Pelaksanaan Berdasarkan Quantity Take Off Metode Konvensional dan BIM pada Proyek Pembangunan Tol Probolinggo Banyuwangi Paket 3B Zona 2
Dosen Pembimbing : Rugil Purnamasari S.T., M.T., M.Sc.

NO	TGL	TUGAS/MATERI YANG DIBAHAS	TANDA TANGAN	KETERANGAN
	24/06/2025	Laporan Hitungan Excel	24/06	B ☐ C ☐ K ☐
	01/07/2025	Laporan PPT	01/07	B ☐ C ☐ K ☐
				B ☐ C ☐ K ☐
				B ☐ C ☐ K ☐
				B ☐ C ☐ K ☐

Keterangan :

B ☐ = Lebih cepat dari jadwal
C ☐ = Sesuai dengan jadwal
K ☐ = Terlambat dari jadwal

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

ABSTRAK

ANALISIS PERBANDINGAN WAKTU DAN BIAYA PELAKSANAAN BERDASARKAN *QUANTITY TAKE - OFF* METODE KONVENSIONAL DAN BIM PADA PROYEK PEMBANGUNAN TOL PROBOLINGGO BANYUWANGI PAKET 3B ZONA 2

Nama Mahasiswa / NRP : I Made Ahimsa Dewanata / 2035211046
Departemen : Teknik Infrastruktur Sipil FV - ITS
Dosen Pembimbing : Aan Fauzi, S.T., M.T.
: Ragil Purnamasari, S.T., M.T., M.Sc.

ABSTRAK

Pembangunan jalan tol merupakan salah satu langkah strategis pemerintah dalam meningkatkan konektivitas dan mendukung pertumbuhan ekonomi nasional. Proyek Tol Probolinggo–Banyuwangi menjadi bagian dari rencana pengembangan infrastruktur di Jawa Timur. Walaupun teknologi Building Information Modeling (BIM) mulai diterapkan sejak tahun 2023, proses perhitungan *Quantity Take-Off* (QTO) masih banyak dilakukan secara konvensional. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan metode konvensional dan BIM dalam hal durasi pelaksanaan dan biaya proyek, serta meninjau keunggulan BIM dalam mendukung perencanaan konstruksi.Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode BIM menghasilkan durasi pelaksanaan proyek selama 284 hari, lebih cepat dibandingkan metode konvensional yang memerlukan 289 hari. Dari sisi biaya, total Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) menggunakan BIM sebesar Rp 212,012,431,510, lebih mahal dibandingkan metode konvensional sebesar Rp 211,538,275,445. Selain itu, terdapat deviasi volume antara metode konvensional dan BIM yang berkisar antara 0-3%, dengan selisih terbesar pada item pekerjaan galian. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa penerapan BIM memberikan hasil perencanaan yang lebih cepat, akurat, dan dapat mengurangi potensi kesalahan dalam perhitungan kuantitas dan biaya. Temuan ini menunjukkan bahwa BIM memiliki potensi besar untuk diterapkan secara lebih luas dalam proyek-proyek infrastruktur di Indonesia.

Kata kunci: Analisis biaya, analisis waktu, *Building Information Modeling (BIM), Quantity Take - Off (QTO),* Proyek Jalan Tol.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRACT

ANALYSIS OF TIME AND COST COMPARISON OF IMPLEMENTATION BASED ON QUANTITY TAKE-OFF USING CONVENTIONAL METHOD AND BIM IN THE PROBOLINGGO-BANYUWANGI TOLL ROAD CONSTRUCTION PROJECT SECTION 3B ZONE 2

Student Name / NRP : **I Made Ahimsa Dewanata / 2035211046**
Department : **Teknik Infrastruktur Sipil FV - ITS**
Advisor : **Aan Fauzi, S.T., M.T.**
: **Ragil Purnamasari, S.T., M.T., M.Sc.**

ABSTRACT

Toll road development is a strategic initiative by the Indonesian government to enhance connectivity and stimulate national economic growth. The Probolinggo–Banyuwangi Toll Road project forms part of East Java's infrastructure expansion. Although Building Information Modeling (BIM) has been introduced since 2023, Quantity Take-Off (QTO) is still predominantly conducted using conventional methods. This study compares conventional and BIM-based approaches in terms of project duration and cost, and evaluates BIM's effectiveness in construction planning. The findings reveal that BIM shortens the project duration to 284 days, compared to 289 days using conventional methods. However, the total construction budget using BIM reached IDR 212,012,431,510*, slightly higher than the conventional estimate of IDR* 211,538,275,445*. A volume deviation ranging from 0–3% was observed, with the largest discrepancy in excavation works. These results suggest that BIM enhances planning efficiency and accuracy, while reducing the risk of quantity and cost estimation errors. BIM demonstrates strong potential for broader adoption in infrastructure projects across Indonesia.*

Keywords: Cost Analysis, Time Analysis, Building Information Modeling (BIM), Quantity Take - Off (QTO), Toll Road Project.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah Swt. atas seluruh rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Selawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita, Nabi Muhammad SAW., yang telah membawa kita ke jalan yang terang benderang. Tugas akhir ini dibuat untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik pada Program Studi Sarjana Terapan Teknik Sipil, Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT. dan Nabi Muhammad SAW.
2. Kedua orang tua serta kakak-kakak yang selalu berjuang, berdoa, dan mendukung untuk keberhasilan penulis.
3. Bapak Tatas, S.T., M.T., Ph.D. selaku Kepala Departemen Teknik Infrastruktur Sipil.
4. Bapak Aan Fauzi, S.T., M.T.. selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan dan masukan selama proses penyelesaian tugas akhir ini.
5. Ibu Ragil Purnamasari, S.T., M.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan dan masukan selama proses penyelesaian tugas akhir ini.
6. Bapak Ir. Roediono selaku *Resident Engineer* PT. Parama Karya Mandiri KSO beserta jajaran yang telah memberikan kesempatan untuk belajar dan mendapatkan data yang digunakan pada tugas akhir ini.
7. Orang tua dan keluarga tercinta, atas doa, semangat, dan dukungannya yang tidak pernah henti.
8. Teman-teman Sandyamerta dan Mandor yang saling mendukung sejak awal perkuliahan.
9. Kepada Nirmala R. Kesya yang menemani penulis selama ini. Terima kasih telah memberikan motivasi, semangat dan juga hal positif kepada penulis. Terima kasih karena selalu ada untuk penulis dalam keadaan senang maupun susah. Semoga kelak penulis dengan seseorang tersebut dapat mencapai impiannya masing-masing.
10. Seluruh pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini terdapat banyak kekurangan karena keterbatasan pengetahuan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan dan kebermanfaatan tugas akhir ini di kemudian hari. Akhir kata, penulis meminta maaf atas segala kekurangan yang ada dalam tugas akhir ini. Terima kasih.

Surabaya, 7 Juli 2025

I Made Ahimsa Dewanta

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN i
PERNYATAAN ORISINALITAS iii
PERNYATAAN KODE ETIK PENGGUNAAN AI GENERATIF vii
LEMBAR BERITA ACARA PROYEK AKHIR ix
LEMBAR REVISI / PERBAIKAN PROYEK AKHIR xix
LEMBAR ASISTENSI PROYEK AKHIR xxiii
ABSTRAK xxix
ABSTRACT xxxi
KATA PENGANTAR xxxiii
DAFTAR ISI xxxv
DAFTAR GAMBAR xli
DAFTAR TABEL xlv
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Tujuan 3
1.5 Manfaat 4
1.6 Lokasi Proyek 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Hasil Penelitian Terdahulu 5
2.2 Proyek Kontruksi 6
2.3 Perencanaan Proyek 6
2.4 Work Breakdown Structure (WBS) 7
2.5 Metode Pelaksanaan Pekerjaan 8
2.5.1 Pekerjaan Galian 8
2.5.2 Pekerjaan Timbunan 9
2.5.3 Rigid pavement 10
2.5.4 *Box* Culvert 10
2.5.5 *Box* Under Pass 11
2.5.6 Jembatan 11
2.6 Building Information Modeling (BIM) 12
2.6.1 Dimensi Konstruski pada BIM dan *Maturity Level* 12
2.6.2 Autodesk Civil 3D 14

2.6.3 Autodesk Revit 15
2.6.4 Clash Detection 16
2.6.5 Autodesk Naviswork Manage 16
2.6.6 Quantity Take Off (QTO) 16
2.7 Manajemen Waktu 17
2.7.1 Bagan Balok (*Bar Chart*) 18
2.7.2 Critical Path Method (CPM) 18
2.7.3 Metode Preseden Diagram (*Precedence Diagram Method* – PDM) 20
2.7.4 Kurva S 23
2.8 Manajemen Biaya 23
2.8.1 Biaya Langsung 24
2.8.2 Biaya Tidak Langsung 24
2.8.3 Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) 25
2.8.4 Analisa Harga Satuan (AHS) 25
2.8.5 Harga Satuan Pekerjaan (HSP) 26
2.8.6 Harga Satuan Perkiraan Sendiri (HPS) 26
2.8.7 Rencana Anggaran Biaya (RAB) 27
2.8.8 Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) 27
2.9 Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan 27
BAB III METODOLOGI 29
3.1 Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir 29
3.2 Studi Literatur 31
3.3 Pengumpulan Data 31
3.3.1 Data Teknis 31
3.3.2 Data Primer 31
3.3.3 Data Sekunder 32
3.4 Pengolahan Data 32
3.4.1 Menyusun WBS 32
3.4.2 Perancangan Model 3D 32
3.4.3 Clash Detection 32
3.4.4 Perhitungan Volume 33
3.4.5 Perhitungan Produktivitas 33
3.4.6 Perhitungan Durasi Pekerjaan 33
3.4.7 Penyusunan Penjadwalan Proyek 33
3.4.8 Visualisasi 4D dengan *Naviswork*s 33
3.4.9 Perhitungan Rencana Anggaran Pelaksanaan 34

3.4.10 Penyusunan Kurva S 34
3.5 Hasil dan Kesimpulan 34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 35
4.1 Gambaran Umum 35
4.1.1 Manajemen Lalu Lintas (*Traffic Management*) 37
4.1.2 Disposal 38
4.2 Metode Pelaksanaan Proyek 39
4.2.1 Work Breakdown Structure (WBS) 39
4.2.2 Motode Pelaksanaan 39
4.2.3 Pekerjaan *At Grade* 40
4.2.3.1 Pembersihan Lahan 40
4.2.3.2 Pekerjaan Galian 41
4.2.3.3 Pekerjaan Timbunan 43
4.2.3.4 Pekerjaan Lapis Separator/*Capping Layer* 45
4.2.3.5 Pekerjaan Lapis Drainase/*Drainage layer* 47
4.2.3.6 Pekerjaan Lantai Kerja / *Lean concrete* 48
4.2.3.7 Pekerjaan Perkerasan Beton Semen / *Rigid pavement* 49
4.2.4 Pekerjaan *Box* (BC, BUP, BP) 51
4.2.4.1 Pekerjaan Lantai Kerja / *Lean concrete* 52
4.2.4.2 Pekerjaan Pembesian Badan *Box* dan Wingwall 53
4.2.4.3 Pekerjaan Pemasangan Bekisting dan *Scaffolding* Pada Badan *Box* dan *Wingwall* 54
4.2.4.4 Pekerjaan Pengecoran Badan *Box* dan WingWall 55
4.2.5 Pekerjaan Jembatan 56
4.2.5.1 Pekerjaan Pondasi *Boredpile* 57
4.2.5.2 Pekerjaan *Pile Cap* 60
4.2.5.3 Pekerjaan Abutment dan Wing Wall 65
4.2.5.4 Pekerjaan Erection Girder 71
4.2.5.5 Pekerjaan Diafragma 72
4.2.5.6 Pekerjaan *Slab* 74
4.2.5.7 Pekerjaan Plat Injak 78
4.3 Permodelan Autodesk Civil 3D 80
4.3.1 Membuat Model Kontur 80
4.3.2 Membuat Aligment 82

4.3.3 Membuat *Assembly* 84
4.3.4 Membuat Sub *Assembly* 85
4.3.5 Membuat Corridor 92
4.3.6 5D Material Take-Off pada Civil 3D 93
4.3.7 3D Solid Civil 3D 94
4.3.7.1 3D Solid *Clearing* 95
4.3.7.2 3D Solid Galian dan Timbunan 96
4.3.7.3 3D Solid Badan Jalan 97
4.3.7.4 3D Solid Perapihan Lereng 100
4.4 Permodelan Autodesk Revit 100
4.4.1 Membuat 3D project model baru pada Autodesk revit 101
4.4.2 Membuat Level pada Revit 101
4.4.3 *Importt*/Membuat Family pada Revit 102
4.4.4 Permodelan Project Revit 103
4.4.5 Permodelan Rebar pada Revit 105
4.4.6 Clash Detection 106
4.4.7 5D *Quantity Take-Off* dan Material Take-Off pada Revit 108
4.5 Volume 111
4.5.1 Rekapitulasi Volume Konvensional 111
4.5.2 Rekapitulasi Volume BIM 114
4.5.3 Deviasi Volume Konvensional – BIM 117
4.6 Produktivitas dan Rencana Anggaran Pelaksanaan 118
4.6.1 Produktivitas dan Rencana Anggaran Pelaksanaan pada *At Grade* 118
4.6.1.1 Pembersihan Tempat Kerja 119
4.6.1.2 Pekerjaan Galian 122
4.6.1.3 Pekerjaan Timbunan 124
4.6.1.4 Pekerjaan *Capping layer* At Grade 130
4.6.1.5 Pekerjaan *Drainage layer* At Grade 135
4.6.1.6 Pekerjaan Lean concrete At Grade 140
4.6.1.7 Pekerjaan *Rigid pavement* At Grade 142
4.6.2 Produktivitas pada Pekerjaan *Box* 144
4.6.2.1 Pekerjaan *Lean concrete Box* dan Wing Wall 144
4.6.2.2 Pekerjaan Pembesian *Box* dan *Wing Wall* 147
4.6.2.3 Pekerjaan Bekisiting *Box* dan *Wing Wall* 149
4.6.2.4 Pekerjaan Pengecoran *Box* dan *Wing Wall* 152

4.6.2.5 Pekerjaan Bongkar Bekisting *Box* dan *Wing Wall* 155
4.6.3 Produktivitas Pada Pekerjaan Jembatan 157
4.6.3.1 Pekerjaan Pengeboran *Borepile* Jembatan 157
4.6.3.2 Pekerjaan Pembesian *Borepile* Jembatan 160
4.6.3.3 Pekerjaan Pengecoran *Borepile* Jembatan 164
4.6.3.4 Pekerjaan Pembobokan Borepile Jembatan 165
4.6.3.5 Pekerjaan Bekisiting Lean concrete Pile Cap 166
4.6.3.6 Pekerjaan Pengecoran *Lean concrete Pilecap* Jembatan 168
4.6.3.7 Pekerjaan Bongkar Bekisiting *Lean concrete Pile Cap* 169
4.6.3.8 Pekerjaan Pembesian *Pilecap* Jembatan 170
4.6.3.9 Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Pilecap* Jembatan 172
4.6.3.10 Pekerjaan Pengecoran *Pilecap* Jembatan 173
4.6.3.11 Pekerjaan Bongkar Bekisting *Pilecap* Jembatan 175
4.6.3.12 Pekerjaan Pembesian *Abutment* Jembatan 177
4.6.3.13 Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Abutment* Jembatan 178
4.6.3.14 Pekerjaan Pengecoran *Abutment* Jembatan 179
4.6.3.15 Pekerjaan Bongkar Bekisting *Abutment* Jembatan 181
4.6.3.16 Pekerjaan Pembesian Plat Injak 182
4.6.3.17 Pekerjaan Pemasangan Bekisting Plat Injak Jembatan 184
4.6.3.18 Pekerjaan Pengecoran Plat Injak Jembatan 185
4.6.3.19 Pekerjaan Bongkar Bekisting Plat Injak Jembatan 187
4.6.3.20 Pekerjaan Pembesian *Wing Wall* Jembatan 189
4.6.3.21 Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Wing Wall* Jembatan 190
4.6.3.22 Pekerjaan Pengecoran *Wing Wall* Jembatan 192
4.6.3.23 Pekerjaan Bongkar Bekisting *Wing Wall* Jembatan 194
4.6.3.24 Pekerjaan Pemasangan Bearing Pad 195
4.6.3.25 Pekerjaan *Erection PC I Girder* Jembatan 196
4.6.3.26 Pekerjaan Pembesian Diafragma Jembatan 199
4.6.3.27 Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Diafragma* Jembatan 200
4.6.3.28 Pekerjaan Pengecoran *Diafragma* Jembatan 202
4.6.3.29 Pekerjaan Bongkar Bekisting *Diafragma* Jembatan 204
4.6.3.30 Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Slab* Jembatan 205
4.6.3.31 Pekerjaan Pembesian *Slab* Jembatan 206

4.6.3.32 Pekerjaan Pengcoran *Slab* Jembatan 208
4.6.4 Biaya Sewa Scaffolding 210
4.7 Penjadwalan 211
4.8 Visualisasi *Naviswork* 212
4.9 Hasil Perbandingan Rencana Anggaran Pelaksanaan 214
4.10 Kurva S 216
4.11 Manajemen Kesehatan dan keselamatan Kerja 217
4.11.1 Perhitungan Biaya K3 217
4.11.2 Identifikasi Bahaya, Penilaian Risiko dan Pengendalian Resiko 217
BAB V PENUTUP 227
5.1 Kesimpulan 227
DAFTAR PUSTAKA 229

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Lokasi Pekerjaan Proyek Jalan Tol Probolinggo Banyuwangi Paket 3 4
Gambar 2. 1 Keadaan Material dalam Earth Moving 9
Gambar 2. 2 BIM 3D – 5D Relationship 14
Gambar 2. 3 Contoh Penyajian Bagan Balok (Bar Chart) 18
Gambar 2. 4 Activity On Arrow (AOA) 19
Gambar 2. 5 Contoh Penggambaran Diagram Activity On Arrow 20
Gambar 2. 6 Konstrain Finish - Start (FS) 22
Gambar 2. 7 Konstrain Start - Start (SS) 22
Gambar 2. 8 Konstrain Finish - Finish (FF) 22
Gambar 2. 9 Konstran Start - Finish (SF) 23
Gambar 3. 1 Diagram Alir Tugas Akhir 29
Gambar 3. 2 Diagram Alir Tugas Akhir (2) 30
Gambar 4. 1 Site Layout STA 32+000-32+600 35
Gambar 4. 2 Site Layout STA 32+600 - 33+200 35
Gambar 4. 3 Site Layout STA 33+200 - 33+800 35
Gambar 4. 4 Site Layout STA 33+800 - 34+400 36
Gambar 4. 5 Site Layout STA 34+400 – 35+000 36
Gambar 4. 6 Site Layout STA 35+000 - 35+600 36
Gambar 4. 7 Site Layout STA 35+600 - 36+300 36
Gambar 4. 8 Site Lay Out STA 43+000 - 43+600 37
Gambar 4. 9 Site Layout STA 43+600 - 44+200 37
Gambar 4. 10 Site Layout STA 44+200 - 44+500 37
Gambar 4. 11 Jalan Akses Kerja 38
Gambar 4. 12 Disposal Area 39
Gambar 4. 13 Ilustrasi Proses Galian 41
Gambar 4. 14 Illustrasi Proses Galian Dalam 42
Gambar 4. 15 Illustrasi Proses Pengangkutan Hasil Galian 42
Gambar 4. 16 Illustrasi Proses Penghamparan Tanah 43
Gambar 4. 17 Illustrasi Proses Pemadatan Tanah 44
Gambar 4. 18 Illustrasi Proses Penghamparan Tepi Timbunan 44
Gambar 4. 19 Illustrasi Proses Pelaksanaan Pekerjaan Timbunan 45

Gambar 4. 20 Ilustrasi Proses Penghamparan Material Capping layer 46
Gambar 4. 21 Ilustrasi Proses Pemadatan Material Capping layer 46
Gambar 4. 22 Ilustrasi Proses Penghamparan Material Drainage layer 47
Gambar 4. 23 Ilustrasi Proses Pemadatan Material Drainage layer 48
Gambar 4. 24 Proses Pengecoran Lean concrete Main Road 49
Gambar 4. 25 Detail Main Road 50
Gambar 4. 26 Ilustrasi Pekerjaan Pengecoran Rigid pavement 51
Gambar 4. 27 Pekerjaan Lean concrete pada Box 53
Gambar 4. 28 Ilustrasi Pekerjaan Pemasangan Bekisting Box 55
Gambar 4. 29 Ilustrasi Proses Pengecoran Box 56
Gambar 4. 30 Ilustrasi Proses Pengeboran Borepile 57
Gambar 4. 31 Ilustrasi Pemasangan Tulangan Pada Borepile 58
Gambar 4. 32 Ilustrasi Proses Pengecoran Borepile 59
Gambar 4. 33 Pekerjaan Lean concrete Pada Pilecap 61
Gambar 4. 34 Pekerjaan Pembesian Pada Pilecap 62
Gambar 4. 35 Pekerjaan Pemasangan Bekisting Pada Pilecap 64
Gambar 4. 36 Ilustrasi Proses Pengecoran Pilecap 65
Gambar 4. 37 Ilustrasi Fabrikasi Tulangan Abutment 66
Gambar 4. 38 Ilustrasi Pembesian Abutment 67
Gambar 4. 39 Ilustrasi Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Abutment* 68
Gambar 4. 40 Ilustrasi Pengecoran Abutment 69
Gambar 4. 41 Pekerjaan Erection PC I Girder 71
Gambar 4. 42 Ilustrasi Placing and Protection PC I Girder 72
Gambar 4. 43 Profile Bondex 75
Gambar 4. 44 Contoh Pekerjaan Pemasangan Bondex 76
Gambar 4. 45 Ilustrasi Pembesian Slab Jembatan 77
Gambar 4. 46 Ilustrasi Pengecoran *Slab* Jembatan 78
Gambar 4. 46 Ilustrasi Pengecoran *Slab* Jembatan 79
Gambar 4. 47 Permodelan Civil 3D "Create Surface" 80
Gambar 4. 48 Permodelan Civil 3D “Create Contour” 81
Gambar 4. 49 Permodelan Civil 3D “Boundry Contour” 81
Gambar 4. 50 Permodelan Civil 3D “Create Alignment” 82
Gambar 4. 51 Permodelan Civil 3D “Create Surface Profile” 83

Gambar 4. 52 Permodelan Civil 3D "Create Surface Profile" 83
Gambar 4. 53 Permodelan Civil 3D "Geometry Editor" 84
Gambar 4. 54 Permodelan Civil 3D "Long Section" 84
Gambar 4. 55 Permodelan Civil 3D "Create Assembly" 85
Gambar 4. 56 SubAssembly Interface 86
Gambar 4. 57 Parameter SubAssembly Compposer 87
Gambar 4. 58 Point Link SubAssembly 88
Gambar 4. 59 Code SubAssembly Compposer 88
Gambar 4. 60 SubAssembly Point, Link and Shape Codes 90
Gambar 4. 61 Permodelan Civil 3D "Export SubAssembly" 91
Gambar 4. 62 Permodelan Civil 3D "Importt SubAssembly" 91
Gambar 4. 63 Permodelan Civil 3D "Create Corridor" 93
Gambar 4. 64 Permodelan Civil 3D "Rebuild Corridor" 93
Gambar 4. 65 Compute Material 94
Gambar 4. 66 Quantity Take-Off Civil 3D 94
Gambar 4. 67 *Extract Solid form Surface (Clearing)* 95
Gambar 4. 68 Pengaturan *Extract Solid form Surface (Clearing)* 95
Gambar 4. 69 Model *3D Solid* dari *Clearing* 96
Gambar 4. 70 *Extract Solid form Surface (Cut and Fill)* 96
Gambar 4. 71 Pengaturan *Extract Solid form Surface (Cut and Fill)* 97
Gambar 4. 72 Model *3D Solid* dari *Cut and Fill* 97
Gambar 4. 73 *Extract Corridor Solids* 98
Gambar 4. 74 *Option Extract Corridor Solids* 98
Gambar 4. 75 Model *3D Solid* dari *Corridor* 99
Gambar 4. 76 Model *3D Solid* dari Badan Jalan 99
Gambar 4. 77 Model *3D Solid* dari *Corridor* 100
Gambar 4. 78 Model *3D Solid* dari Perapihan Lereng 100
Gambar 4. 79 *"Default Metric"* 101
Gambar 4. 80 Level Pada Revit 102
Gambar 4. 81 Elevation Level Revit 102
Gambar 4. 82 Family pada Revit 103
Gambar 4. 83 Tool Bar Family Revit 103
Gambar 4. 84 *Place Component* 104

Gambar 4. 85 Load Family 104
Gambar 4. 86 Permodelan *Box* Culvert 104
Gambar 4. 87 Permodelan *Box* Under Pass 105
Gambar 4. 88 Permodelan Jembatan 105
Gambar 4. 89 *Rebar Sketch Revit* 106
Gambar 4. 90 *Aligned Rebar Revit* 106
Gambar 4. 91 Clash Detection 107
Gambar 4. 92 Schedules Tab 108
Gambar 4. 93 Struktural Rebar 109
Gambar 4. 94 Filter Schedule 109
Gambar 4. 95 Bar Bending Schedule 110
Gambar 4. 96 Kategori MTO 110
Gambar 4. 97 MTO pada Revit 111
Gambar 4. 98 *Append File .nwc* 212
Gambar 4. 99 *Selection Tree Naviswork* 213
Gambar 4. 100 Hasil *Importt* permodelan di *Naviswork* 213
Gambar 4. 101 Time Liner pada Simulasi *Naviswork* 213
Gambar 4. 102 Progres 3 Bulan 214
Gambar 4. 103 Progres 6 Bulan 214
Gambar 4. 104 Progres 9 Bulan 214

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Alur Kerja Autodesk Revit 15
Tabel 2. 2 Contoh Penggambaran Diagram Activity on Arrow 19
Tabel 2. 3 Contoh Denah pada Node PDM (1) 21
Tabel 2. 4 Contoh Denah pada Node PDM (2) 21
Tabel 4. 1 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pembersihan Tempat Kerja 40
Tabel 4. 2 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Galian 42
Tabel 4. 3 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Timbunan 45
Tabel 4. 4 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan *Capping layer* 47
Tabel 4. 5 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan *Drainage layer* 48
Tabel 4. 6 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pengecoran *Lean concrete Main Road* 49
Tabel 4. 7 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pengecoran *Rigid pavement* Main Road 51
Tabel 4. 8 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pengecoran *Lean concrete* Pada *Box* 53
Tabel 4. 9 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pembesian pada *Box* dan *Wing Wall* 54
Tabel 4. 10 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pemasangan Bekisting pada *Box* dan *Wing Wall* 55
Tabel 4. 11 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pengecoran pada *Box* dan *Wing Wall* 56
Tabel 4. 12 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pengeboran pada *Borepile* 58
Tabel 4. 13 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pembesian pada Borepile 58
Tabel 4. 14 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pengecoran pada Borepile 59
Tabel 4. 15 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pembobokan pada Borepile 60
Tabel 4. 16 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Lean concrete Pada Pilecap 61
Tabel 4. 17 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pembesian Pada Pilecap 62
Tabel 4. 18 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pemasangan Bekisting Pada 64
Tabel 4. 19 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pengecoran Pada Pilecap 65
Tabel 4. 20 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pembesian Abutment 67
Tabel 4. 21 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pemasangan Bekisting 68
Tabel 4. 22 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pengecoran Abutment 69
Tabel 4. 23 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pembongkaran Bekisting 70
Tabel 4. 24 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pemasangan *Elastomeric Bearing Pad* 70
Tabel 4. 25 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Erection PC I Girder 71
Tabel 4. 26 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pembesian Diafragma 73
Tabel 4. 27 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pemasangan Bekisitng 73

Tabel 4. 28 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pengecoran Diafragma 74
Tabel 4. 29 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pembongkaran Bekisting 74
Tabel 4. 30 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pemasangan Bondex 76
Tabel 4. 31 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pembesian Slab Jembatan 77
Tabel 4. 32 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Slab Jembatan 78
Tabel 4. 33 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pembesian Pelat Injak Jembatan 78
Tabel 4. 34 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pelat Injak Jembatan 79
Tabel 4. 35 *SubAssembly Code* 89
Tabel 4. 36 Rekapitulasi Volume Konvensional 111
Tabel 4. 37 Rekapitulasi Volume BIM 114
Tabel 4. 38 Deviasi Volume Koenvisonal dan BIM 118
Tabel 4. 39 Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan *Clearing* STA 43+475-44+300 122
Tabel 4. 40 Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Galian Tanah STA 33+000-33+325 124
Tabel 4. 41 Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Penghamparan Timbunan Tanah STA 32+000-32+450 129
Tabel 4. 42 Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Pemadatan Timbunan Tanah STA 32+000-32+450 129
Tabel 4. 43 RAP Pekerjaan Penghamparan *Capping layer* STA 32+000 - 33+500 134
Tabel 4. 44 RAP Pekerjaan Pemadatan Capping layer STA 32+000-33+500 135
Tabel 4. 45 RAP Pekerjaan Penghamparan *Drainage layer* STA 32+000-33+500 139
Tabel 4. 46 RAP Pekerjaan Pemadatan *Drainage layer* STA 32+000-33+500 140
Tabel 4. 47 RAP Pekerjaan Pengecoran *Lean concrete* STA 32+000-33+500 142
Tabel 4. 48 RAP Pekerjaan Pengecoran *Rigid pavement STA 32+000-33+500* 144
Tabel 4. 49 RAP Pekerjaan Pengecoran *Lean concrete* pada *Box STA 32+055* 146
Tabel 4. 50 Pekerjaan Pengecoran *Lean concrete* pada *Wing Wall Box STA 32+055* 146
Tabel 4. 51 RAP Pekerjaan Pembesian Box STA 32+055 148
Tabel 4. 52 RAP Pekerjaan Pembesian Wing Wall STA 32+055 149
Tabel 4. 53 Pekerja pada Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Box* dan Wing Wall 150
Tabel 4. 54 RAP Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Box* STA 32+055 151
Tabel 4. 55 RAP Pekerjaan Pemasangan Bekisting Wing Wall STA 32+055 152
Tabel 4. 56 RAP Pengecoran Badan Box 154
Tabel 4. 57 RAP Pengecoran Wing Wall 155

Tabel 4. 58 Pekerja pada Pekerjaan Bongkar Bekisting *Box* dan Wing Wall 155
Tabel 4. 59 RAP Pekerjaan Bongkar Bekisting Box 156
Tabel 4. 60 RAP Pekerjaan Bongkar Bekisting Wing Wall 157
Tabel 4. 61 RAP Pekerjaan Pengeboran Borepile 160
Tabel 4. 62 RAP Pekerjaan Pembesian Borepile 163
Tabel 4. 63 RAP Pekerjaan Pemasangan Pembesian Borepile 163
Tabel 4. 64 RAP Pekerjaan Pengecoran Borepile Jembatan 165
Tabel 4. 65 RAP Pekerjaan Pembobokan Borepile 166
Tabel 4. 66 Pekerja pada Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Lean concrete Pilecap* 167
Tabel 4. 67 RAP Pekerjaan Pemasangan Bekisting Pada *Lean concrete* Jembatan 167
Tabel 4. 68 RAP Pekerjaan Pengecoran *Lean concrete Pilecap* 169
Tabel 4. 69 RAP Pekerjaan Lean concrete Jembatan 170
Tabel 4. 70 RAP Pekerjaan Pembesian Pilecap Jembatan 172
Tabel 4. 71 Pekerja pada Pekerjaan Bekisitng Pilecap 172
Tabel 4. 72 RAP Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Abutment* Jembatan 173
Tabel 4. 73 RAP Pekerjaan Pengecoran Pilecap Jembatan 175
Tabel 4. 74 Pekerja pada Pekerjaan Bongkar Bekisting Pilecap Jembatan 176
Tabel 4. 75 RAP Pekerjaan Pembongkaran Bekisting *Pilecap* Jembatan 176
Tabel 4. 76 RAP Pekerjaan Pembesian Abutment Jembatan 178
Tabel 4. 77 Pekerja pada Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Abutment* Jembatan 178
Tabel 4. 78 RAP Pekerjaan Pengecoran Abutment Jembatan 180
Tabel 4. 79 Pekerja pada Pekerjaan Bongkar Bekisting Abutment Jembatan 181
Tabel 4. 80 RAP Pekerjaan Pembongkaran Bekisting Abutment Jembatan 182
Tabel 4. 81 RAP Pekerjaan Pembesian Plat Injak Jembatan 183
Tabel 4. 82 Pekerja pada Pekerjaan Pemasangan Bekisting Plat Injak Jembatan 184
Tabel 4. 83 RAP Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Pilecap* Jembatan 185
Tabel 4. 84 RAP Pekerjaan Pengecoran Plat Injak Jembatan 187
Tabel 4. 85 Pekerja pada Pekerjaan Bongkar Bekisting Plat Injak Jembatan 188
Tabel 4. 86 RAP Pekerjaan Pembongkaran Bekisting Plat Injak Jembatan 188
Tabel 4. 87 RAP Pekerjaan Pembesian Wing Wall Jembatan 190
Tabel 4. 88 Pekerja pada Pekerjaan Pemasangan Bekisting Wing Wall 191
Tabel 4. 89 RAP Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Wing Wall* Jembatan 192
Tabel 4. 90 RAP Pekerjaan Pengecoran Wing Wall Jembatan 194

Tabel 4. 91 Pekerja pada Pekerjaan Bongkar Bekisting Wing Wall 194
Tabel 4. 92 RAP Pekerjaan Pembongkaran Bekisting *Wing Wall* Jembatan 195
Tabel 4. 93 Pekerja pada Pekerjaan Pemasangan Bearing Pad 195
Tabel 4. 94 RAP Pekerjaan Pemasangan Bearing Pad 196
Tabel 4. 95 RAP Pekerjaan *Erection PCI Girder* Jembatan 198
Tabel 4. 96 RAP Pekerjaan Pembesian *Diafragma* Jembatan 200
Tabel 4. 97 Pekerja pada Pekerjaan Pemasangan Bekisting Diafragma Jembatan 200
Tabel 4. 98 Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Beksting *Diafragma* Jembatan 201
Tabel 4. 99 RAP Pekerjaan Pengecoran Diafragma Jembatan 203
Tabel 4. 100 Pekerja pada Pekerjaan Bongkar Bekisting Diafragma Jembatan 204
Tabel 4. 101 RAP Pekerjaan Pembongkaran Bekisting *Diafragma* Jembatan 205
Tabel 4. 102 Pekerja pada Pekerjaan Pemasangan Bekisting Slab Jembatan 205
Tabel 4. 103 RAP Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Slab* Jembatan 206
Tabel 4. 104 RAP Pekerjaan Pembesian Diafragma Jembatan 208
Tabel 4. 105 RAP Pekerjaan Pengecoran Slab Jembatan 210
Tabel 4. 106 Sepsifikasi Scaffolding 210
Tabel 4. 108 Perbandingan Total RAP Konvensional dan BIM 214
Tabel 4. 109 Estimasi Biaya Tidak Langsung Metode BIM 215
Tabel 4. 110 Identifikasi Bahaya, Penilaian Risiko dan Pengendalian Resiko 219

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur jalan tol di Indonesia menjadi salah satu prioritas utama pemerintah dalam upaya meningkatkan konektivitas antar wilayah dan mempercepat pertumbuhan ekonomi nasional. Proyek jalan tol Probolinggo-Banyuwangi (Probowangi) merupakan bagian dari rencana pengembangan jalan tol Trans-Jawa, yang bertujuan untuk memudahkan akses transportasi dan distribusi barang di kawasan Jawa Timur, khususnya dari Probolinggo hingga Banyuwangi yang merupakan pintu gerbang menuju Bali. Proyek ini diharapkan mampu memangkas waktu perjalanan, meningkatkan efisiensi distribusi logistik, dan mendukung pengembangan kawasan pariwisata serta ekonomi di wilayah tersebut (Kementerian PUPR, 2020).

Implementasi teknologi *Building Information Modeling* (BIM) pada pembangunan ruas tersebut telah dimulai sejak tahun 2023. Namun, perhitungan *Quantity Take - Off* (QTO) masih dilakukan dengan menggunakan metode konvensional. Dalam konteks manajemen proyek, penerapan konsep BIM memiliki potensi untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi di setiap tahap proses konstruksi. *Building Information Modeling* (BIM) adalah representasi digital yang memberikan kedalaman informasi dalam bentuk tiga dimensi, dirancang dengan tingkat detail yang telah ditentukan dalam perencanaan(Borrmann dkk., 2018). Selain itu, metode BIM juga dapat berfungsi untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kesalahan kalkulasi dalam proyek. Salah satu aplikasi yang termasuk dalam kategori *Building Information Modeling* (BIM) adalah Autodesk Revit® dan Autodesk *Navisworks*®. Autodesk Revit® adalah software BIM yang dikembangkan oleh Autodesk, sebuah perusahaan yang berasal dari Amerika Serikat. Perangkat lunak ini dirancang untuk memungkinkan pengguna dalam merancang bangunan konstruksi yang mencakup berbagai aspek, seperti struktural, arsitektural, dan MEP (*Mechanical, Electrical, Plumbing*) dalam representasi tiga dimensi (3D). Selain kemampuannya dalam perancangan, Revit juga dilengkapi dengan fitur untuk menghasilkan *Quantity Take - Off* material yang dapat memberikan data yang akurat berkaitan dengan perhitungan volume dan estimasi biaya apabila dibutuhkan. Di sisi lain, Autodesk juga menawarkan software Autodesk *Navisworks*®, yang memiliki fungsi untuk mendeteksi potensi benturan (Clash Detection) antara berbagai elemen dalam model. Selain itu, *Navisworks* juga digunakan untuk melakukan simulasi pekerjaan dalam dimensi keempat (4D), yang membantu dalam perencanaan dan

pengelolaan waktu proyek secara lebih efisien. Dengan kombinasi kedua software ini, pengguna dapat meningkatkan efektivitas dan akurasi dalam merancang dan mengelola proyek konstruksi (Nurullah, 2024).

Perhitungan volume, yang lebih dikenal dengan istilah *Quantity Take - Off* (QTO), merupakan suatu proses yang melibatkan pengukuran dan perhitungan yang berkaitan dengan proyek konstruksi. Pengukuran volume ini memiliki berbagai tujuan, termasuk tetapi tidak terbatas pada menghitung estimasi biaya, manajemen biaya, pengadaan material, dan perencanaan tahap konstruksi. Dalam praktiknya, metode pengambilan volume secara konvensional sering dilakukan secara manual dengan mengacu pada gambar dua dimensi (2D). Dalam hal ini, surveyor *Quantity Take - Off* ditugaskan untuk menafsirkan satu set gambar dari tim desain dan melakukan pengukuran pada setiap elemen bangunan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Namun, seringkali situasi muncul di mana kumpulan gambar yang tersedia tidak menyediakan informasi yang mencukupi, terutama ketika proyek masih berada dalam tahap awal desain atau pengembangan skematik. Dalam kondisi tersebut, pengetahuan dan pengalaman praktis dari para profesional sangat diperlukan untuk melengkapi informasi yang mungkin hilang atau tidak jelas. Pada saat yang sama, metode perhitungan yang dilakukan secara konvensional dapat berpotensi menghasilkan perbedaan atau selisih dalam hasil *Quantity Take-off*, terutama jika dibandingkan dengan penerapan teknik *Building Information Modeling* (BIM) yang lebih modern. Dengan demikian, penggunaan teknologi BIM dapat meminimalkan kemungkinan kesalahan dan meningkatkan akurasi dalam perhitungan volume pekerjaan. (Ardhinata, 2024).

Saat ini, proses perencanaan dan penghitungan volume serta biaya proyek masih mengandalkan metode manual melalui penggunaan Microsoft Excel. Pendekatan ini berpotensi menimbulkan ketidak akuratan dalam estimasi biaya, yang dapat berdampak negatif terhadap aspek keuangan proyek serta menyebabkan anggaran yang tidak tepat. Untuk mengatasi berbagai tantangan dan kelemahan yang ada, perhitungan untuk pekerjaan struktur akan dioptimalkan dengan memanfaatkan perangkat lunak *Building Information Modeling* (BIM) dan teknologi terkait lainnya. Ini akan mendukung perhitungan *Bill of Quantity* (BoQ), estimasi biaya, dan penyusunan jadwal proyek. Dengan mengimplementasikan konsep BIM, diharapkan dapat tercapai peningkatan dalam hal efisiensi, akurasi, dan kolaborasi di sepanjang proses konstruksi, serta pengurangan risiko kesalahan yang mungkin terjadi (Nurullah, 2024).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis perbandingan proses metode kerja antara metode konvensional dan BIM. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi

keunggulan yang dimiliki BIM dibandingkan dengan metode konvensional, serta mengevaluasi hasil perbandingan kedua metode tersebut dalam konteks pelaksanaan perencanaan proyek konstruksi. Penilaian dilakukan dengan mengukur parameter efisiensi biaya dan waktu. Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan pemahaman mendalam tentang perbedaan penggunaan metode BIM dan metode konvensional.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana proses permodelan dan perhitungan *Quantity Take- off* menggunakan BIM 5D pada proyek Tol Probolinggo Banyuwangi Paket 3B Zona 2?
2. Bagaimana durasi dan hasil perhitungan Rencana Anggaran Pelaksanaan berdasarkan hasil perhitungan *Quantity Take- off* menggunakan BIM pada pembangunan Tol Probolinggo Banyuwangi Paket 3B Zona 2?
3. Bagaimana hasil perbandingan waktu dan biaya antara metode konvensional dan BIM pada pembangunan Tol Probolinggo Banyuwangi Paket 3B Zona 2?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam topik penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Analisis dilakukan dengan software Revit for Student, Civil 3D for Student, dan *Naviswork* Manage for Student.
2. Proyek yang ditinjau adalah proyek Ruas Jalan Tol Probolinggo Banyuwangi Paket 3B Zona 2 dengan fokus analisisa perbandingan terbatas dari galian dan timbunan hingga pekerjaan *Rigid pavement*.
3. Analisa perhitungan dihitung berdasarkan *shop drawing* perencanaan.
4. Pemodelan hanya dilakukan pada sampai pekerjaan *Rigid pavement Main Road.*
5. Permodelan Struktur Mencangkup Jembatan, *Box* Underpass,*Box* Pedestrian dan *Box* Culvert, tidak termasuk galian struktur.

1.4 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang disebutkan di atas, maka tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Memodelkan dan menghitung *Quantity Take- off* menggunakan BIM 5D pada proyek Tol Probolinggo Banyuwangi Paket 3B Zona 2?
2. Menghitung durasi dan Rencana Anggaran Pelaksanaan berdasarkan hasil perhitungan *Quantity Take- off* menggunakan BIM pada pembangunan Tol Probolinggo Banyuwangi Paket 3B Zona 2?
3. Membandingkan waktu dan biaya antara metode konvensional dan BIM pada pembangunan Tol Probolinggo Banyuwangi Paket 3B Zona 2?

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Diharapkan proyek akhir ini berfungsi sebagai sarana bagi peneliti untuk menggali lebih dalam penerapan perangkat lunak yang berbasis BIM.
2. Diharapkan proyek akhir ini dapat mendorong peningkatan pemahaman mengenai penggunaan *Building Information Modeling* (BIM) di Indonesia.
3. Proyek ini diharapkan menjadi acuan bagi pengguna industri konstruksi dalam menghitung volume, sehingga dapat menghindari over budget dan kesalahan perhitungan dalam proyek.

1.6 Lokasi Proyek

Penilitian ini dilaksanakan dilokasi proyek pembangunan Tol Probolinggo Banyuwangi Paket 3 B pada Zona 2.B sampai Zona 2.C (32+000 – 36+300), yang terletak di Kecamatan Paiton, Probolinggo Jawa Timur dan Zona 2.D sampai Zona 2.E (43+000 – 44+500) yang terletak di Kecamatan Besuki, Situbondo Jawa Timur.

(Sumber : Data Proyek)

Gambar 1. 1 Lokasi Pekerjaan Proyek Jalan Tol Probolinggo Banyuwangi Paket 3

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hasil Penelitian Terdahulu

Penyusunan tugas akhir ini didasarkan pada berbagai referensi penting yang diperoleh melalui studi literatur. Studi ini mencakup jurnal-jurnal sebelumnya, regulasi yang relevan, serta buku-buku acuan. Fokus literatur adalah pada perbandingan penerapan *Building Information Modeling* (BIM) dengan metode konvensional.

Literatur pertama, "Analisis Perbandingan Waktu dan Biaya Berdasarkan *Quantity Take Off* Menggunakan BIM Revit dan Metode Konvensional (Studi Kasus: *Overpass* Pada Proyek Tol *Overpass* Indralaya – Prabumulih STA 14+934)" karya (Ardhinata, 2024), menganalisis perbandingan biaya dan waktu antara penggunaan BIM dan metode konvensional. Dari analisis ini ditemukan perbedaan besi sebesar 0,417%, beton 4,793%, dan bekisting 3,708%. Selisih waktu pelaksanaan adalah 2 hari atau 1,242%, sementara perbedaan biaya mencapai Rp818.684.623,15 atau 3,235% dari total RAP.

Literatur kedua, "Analisis Perbandingan Waktu dan Biaya Pelaksanaan Berdasarkan *Quantity Take - Off* Metode Konvensional dan Metode BIM Pada Proyek Pembangunan Gedung Kantor DPD Provinsi Jawa Tengah" oleh Harleris (2024), juga mengeksplorasi perbandingan biaya dan waktu antara metode BIM dan konvensional. Estimasi biaya dengan metode konvensional adalah Rp6.374.609.045, sedangkan dengan Autodesk Revit adalah Rp6.356.581.019. Durasi pelaksanaan pada kedua metode sama, yakni 130 hari, dikarenakan pemodelan BIM Revit dilakukan dengan *eksport* langsung dari ke Revit.

Literatur ketiga, "Analisis Perbandingan Volume, Biaya, Dan Waktu Menggunakan Konsep Building Information Modelling (BIM) Terhadap Perhitungan Manual Pada Pekerjaan *Box culvert*" oleh Nurullah (2024), meneliti implementasi BIM 3D, 4D, dan 5D dibandingkan dengan perhitungan konvensional dengan menggunakan BIM Autodesk Revit. Ditemukan bahwa BIM menghasilkan volume pekerjaan yang lebih kecil dengan perbedaan volume beton K-225 dan tulangan, serta biaya yang lebih efisien sebesar Rp55.243.443,94 atau 6,51%. Selisih waktu untuk pekerjaan struktural tercatat 4 hari.

Literatur keempat, ”Implementasi Teknologi *Building Information Modeling* (BIM) Dalam Penjadwalan Pada Proyek Jalan Tol” oleh Sukmawardana (2024), Studi ini mengadopsi pendekatan studi kasus untuk membandingkan proses *Quantity Take - Off* (QTO) dalam konstruksi jalan tol di *Interchange* tol Kertosono - Kediri antara menggunakan BIM dan metode

konvensional. Perhitungan QTO dilakukan dengan kedua metode tersebut dan hasilnya menunjukkan perbedaan signifikan. Selisih perhitungan antara metode BIM dan konvensional mencapai 3,54% untuk pekerjaan tanah, serta 2%, 3,8%, dan 3% untuk struktur jembatan yang meliputi beton, aspal, dan pembesian. Untuk struktur *Box underpass*, selisihnya 2%, dan 1% pada struktur *interchange*. Dalam hal durasi pekerjaan, perhitungan QTO dengan BIM menunjukkan waktu yang dibutuhkan masing-masing untuk pekerjaan tanah, struktur *interchange*, jembatan, dan *Box underpass* adalah 52, 119, 125, dan 62 hari. Sementara itu, durasi dengan metode konvensional adalah 48, 120, 126, dan 62 hari.

2.2 Proyek Kontruksi

Soeharto (1999), menjelaskan bahwa proyek dapat diartikan sebagai kegiatan sementara yang dilaksanakan dalam periode waktu tertentu, dengan alokasi sumber daya yang spesifik, dan bertujuan untuk menghasilkan produk atau barang yang memenuhi kriteria kualitas yang telah ditentukan. Lingkup aktivitas tersebut dapat mencakup pembangunan pabrik, penciptaan produk baru, atau pelaksanaan penelitian dan pengembangan.

Rani (2016), menyatakan bahwa manajemen proyek merupakan proses yang meliputi perencanaan, pengorganisasian, kepemimpinan, dan pengawasan terhadap sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditetapkan. Manajemen proyek muncul sebagai hasil dari usaha untuk menemukan metode pengelolaan yang tepat sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik masing-masing proyek, yang bersifat dinamis dan berbeda dari kegiatan operasional yang rutin.

2.3 Perencanaan Proyek

Perencanaan merupakan tindakan pengambilan keputusan yang mengandung data dan informasi kegiatan yang akan dipilih dan dilaksanakan pada masa mendatang. Perencanaan proyek adalah tahap pertama dalam menentukan langkah-langkah, sumber daya, dana dan jadwal yang diinginkan untuk menyelesaikan proyek. Perencanaan merupakan hal yang sangat penting dikarenakan dengan adanya perencanaan yang baik maka tujuan proyek akan tercapai. Perencanaan proyek merupakan dasar dari memonitoring pelaksanaan dan pengendalian proyek (Mahapatni, 2019).

Menurut lingkup pekerjaan selama proses dari perencanaan dan pengendalian proyek adalah sebagai berikut:

1. Sebelum Proyek Mulai

Sebelum pelaksanaan proyek dimulai, perencanaan yang perlu dipersiapkan adalah menentukan tujuan proyek, metode pelaksanaan, penjadwalan, dan anggaran biaya.

2. Selama Pelaksanaan Proyek

   Selama pelaksanaan proyek dilakukan perbandingan antara pelaksanaan dengan perencanaan sebelum proyek. Sesuatu yang dibandingkan adalah performa pelaksanaan, waktu dan biaya aktual.

3. Apabila terdapat perbedaan antara perencanaan awal dengan pelaksanaan sebenarnya, maka diperlukan adanya evalusi sehingga mengetahui langkah yang bisa dilakukan, seperti estimasi biaya dan waktu kembali.

2.4 Work Breakdown Structure (WBS)

Work Breakdown Structure (WBS) adalah alat yang sangat penting dalam manajemen proyek konstruksi, digunakan untuk membagi proyek menjadi bagian-bagian lebih kecil yang lebih mudah untuk dikelola. WBS membantu dalam identifikasi dan pengorganisasian elemen-elemen pekerjaan yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek. Dengan membagi proyek menjadi bagian-bagian lebih terperinci (Saputra & Latief, 2020).

Pada dasarnya, WBS juga memainkan peran penting dalam manajemen biaya proyek. Dengan mengidentifikasi semua pekerjaan yang harus dilakukan, WBS membantu mengurangi risiko perencanaan yang tidak lengkap atau pengeluaran yang tidak terkontrol. Menurut Project Management Institute(2017), WBS adalah fondasi dari banyak proses manajemen proyek seperti estimasi biaya, pengaturan waktu, dan pengendalian anggaran. Dalam proyek konstruksi, WBS dapat digunakan untuk merinci tugas-tugas seperti desain, pembelian material, pembangunan struktur, serta uji coba dan penyelesaian akhir. WBS juga berfungsi dalam pengembangan rencana keselamatan untuk menentukan estimasi biaya keselamatan. Melalui penerapan WBS, komponen-komponen biaya keselamatan dapat diidentifikasi dan dihitung secara lebih efisien, yang pada akhirnya akan memperkuat sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja serta mengurangi angka kecelakaan di lokasi proyek (Saputra & Latief, 2020).

Work Breakdown Structure (WBS) merupakan alat krusial dalam manajemen proyek yang berfungsi untuk membagi proyek menjadi bagian-bagian lebih kecil dan lebih mudah dikelola. Dalam proyek konstruksi, WBS tidak hanya berperan dalam perencanaan dan pengendalian, tetapi juga membantu dalam identifikasi dan perhitungan biaya keselamatan, yang sangat

penting untuk meningkatkan standar keselamatan kerja serta mengurangi risiko kecelakaan di lapangan.

2.5 Metode Pelaksanaan Pekerjaan

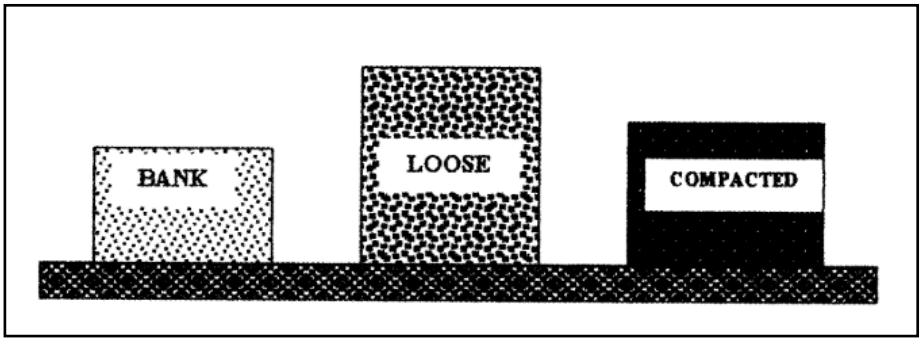
Metode pelaksanaan pekerjaan adalah cara sistematis untuk menyelesaikan suatu pekerjaan dari awal hingga akhir, mencakup tahapan utama dan uraian cara kerja untuk setiap jenis pekerjaan. Ini adalah pedoman teknis yang memastikan pekerjaan diselesaikan dengan baik, sesuai rencana, dan dapat dipertanggungjawabkan.

2.5.1 Pekerjaan Galian

Excavating merupakan kegiatan penggalian material (tanah) yang dapat digunakan atau dibuang. Menurut (Andi Tenrisukki Tenriajeng, 2003) proses ini dipengaruhi oleh tiga kondisi berikut:

1. Kondisi I : Apabila tanah berada dalam kondisi biasa (*normal*), maka kegiatan dapat langsung dilakukan untuk penumpukan stok atau pemuatan (*loading*).
2. Kondisi II : Jika tanah berada dalam kondisi keras, maka perlu dilakukan penggaruan (*ripping*) terlebih dahulu sebelum melanjutkan dengan penumpukan stok dan pemuatan (*loading*).
3. Kondisi III : Jika tanah terlalu keras sehingga pekerjaan ripping tidak ekonomis, maka diperlukan tindakan peledakan (*blasting*) untuk memecah material tersebut sebelum dilakukan penumpukan stok dan pemuatan (*loading*).

Namun, sebelum memulai pekerjaan penggalian, penting untuk mengetahui karakteristik tanah. Pekerjaan yang melibatkan pemindahan, penyebaran, dan pemadatan tanah akan memengaruhi sifat, volume, dan kepadatan tanah. Menurut(Andi Tenrisukki Tenriajeng, 2003), ada beberapa faktor yang mengubah kondisi asli tanah, yaitu perubahan volume material (tanah) yang terbagi menjadi tiga kondisi berikut:



(Sumber : Andi Tenrisukki Tenriajeng, 2003)

Gambar 2. 1 Keadaan Material dalam Earth Moving

a. Kondisi Asli (*Bank Condition*)

Kondisi asli merupakan keadaan tanah yang belum mengalami gangguan dari aktivitas seperti pemindahan, penyebaran, atau pemadatan. Pada kondisi ini, butir-butir tanah masih terikat dengan baik. Penghitungan volume tanah dalam kondisi ini dilakukan dengan menggunakan metode ukuran alam atau bank measure (BM).

b. Kondisi Gembur (*Loose Condition*)

Kondisi gembur terjadi setelah tanah digali, di mana material tanah mengalami gangguan. Volume tanah akan meningkat akibat penambahan rongga udara antar partikel tanah, seperti yang terjadi ketika tanah dipindahkan menggunakan truk atau dimasukkan ke dalam ember alat gali.

c. Kondisi Padat (*Compact Condition*)

Kondisi padat terjadi setelah proses pemadatan, di mana volume tanah berubah karena rongga udara antar partikel tanah berkurang. Setelah pemadatan, volume tanah bisa lebih besar atau lebih kecil dibandingkan dengan kondisi asli, tergantung pada tingkat pemadatan yang dilakukan.

2.5.2 Pekerjaan Timbunan

Pekerjaan timbunan meliputi aktivitas penggalian, pengangkutan, penyebaran, dan pemadatan material. Bahan untuk timbunan diambil dari borrow pit atau quarry yang sudah disetujui untuk pekerjaan ini, termasuk untuk lapisan subgrade dan bagian lainnya dalam proyek. Material timbunan yang digunakan harus mengikuti aturan yang berlaku di lokasi tersebut. Bahan timbunan harus bebas dari bahan organik yang bisa merusak tanah, seperti daun, rumput, akar, dan kotoran. Material yang diambil dari borrow pit digunakan untuk memperkuat lapisan dasar dan mencapai ketinggian serta kepadatan yang sesuai dengan rencana konstruksi, agar memenuhi standar elevasi atau kepadatan yang dibutuhkan sesuai

desain(Arrasyid, 2024). Kepadatan yang diperlukan untuk setiap lapisan timbunan adalah sebagai berikut :

a. Lapisan yang berada lebih dari 30 cm di bawah subgrade harus dipadatkan hingga mencapai 95% dari kepadatan kering maksimum sesuai standar (SNI 03-1742-2008). Untuk semua jenis tanah, kecuali material batu urug yang mengandung lebih dari 10% material berukuran besar yang tertahan di atas ukuran 19,0 mm (3/4 inci), kepadatan kering maksimum yang diperoleh harus dikoreksi berdasarkan proporsi material yang berukuran besar.
b. Lapisan yang berada pada 30 cm atau kurang di bawah subgrade harus dipadatkan hingga mencapai 100% dari kepadatan kering maksimum yang ditetapkan oleh standar (SNI 03-1742-2008).
c. Pemadatan timbunan dilakukan saat kadar air berada dalam rentang 3% di bawah hingga 1% di atas kadar air optimum.

2.5.3 Rigid pavement

Rigid pavement adalah jenis permukaan jalan yang terbuat dari beton dan memiliki sifat struktural tertentu, termasuk kekuatan lentur yang tinggi dan kemampuan untuk menahan beban tanpa banyak deformasi. Beton yang digunakan dalam perkerasan ini umumnya memiliki kekuatan tarik yang rendah dan bersifat getas, sehingga sering diperkuat dengan batang baja untuk menahan tegangan tarik dan geser. Perkerasan kaku dirancang untuk mendistribusikan beban dari roda kendaraan ke area yang lebih luas di bawahnya, yang membantu mengurangi tekanan pada lapisan tanah dasar(ManoharK dkk., 2018). Selain itu, perkerasan ini memiliki umur layanan yang panjang dan lebih jarang memerlukan perawatan dibandingkan dengan perkerasan lentur, menjadikannya pilihan yang ekonomis untuk jalan dengan volume lalu lintas yang tinggi (Shaban dkk., 2020). Dalam proses desain, berbagai faktor seperti kondisi iklim, beban lalu lintas, dan karakteristik material diperhitungkan untuk memastikan kinerja yang optimal (Bayraktarova dkk., 2022).

2.5.4 *Box* Culvert

Box culvert adalah struktur jembatan pendek yang umum digunakan untuk menyeberangi aliran air kecil atau saluran. Struktur ini umumnya terbuat dari beton cor di tempat atau beton pracetak bertulang. Karena kemudahan dalam konstruksinya, *Box culvert* menjadi pilihan yang hemat biaya untuk jembatan bentang pendek.Desain hidrolik *Box culvert* terdiri dari empat sisi: dua pelat horizontal (atap dan lantai) serta dua dinding vertikal, yang

semuanya dibuat menyatu atau monolitik. Konfigurasi ini sangat sesuai untuk jalan raya atau rel kereta api yang melewati sungai-sungai kecil, terutama pada lokasi dengan tanggul yang tinggi (Lesmana, 2023).

Keunggulan *box culvert* terletak pada strukturnya yang sederhana namun kuat, memungkinkan konstruksi yang cepat dan efisien. Hal ini menjadikannya solusi ideal untuk proyek infrastruktur yang membutuhkan penyelesaian dalam waktu singkat tanpa mengorbankan kualitas atau keamanan.

2.5.5 *Box* Under Pass

Box Under Pass adalah struktur yang dibangun di bawah jalan atau jembatan yang digunakan sebagai jalur lintas. Jalur ini dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, seperti jalan, saluran air, pipa gas, dan kabel listrik. Secara sederhana, *Box* ini adalah konstruksi beton bertulang berbentuk kotak atau persegi panjang yang dirancang untuk mendukung beban di atasnya. Konstruksi ini bisa dikerjakan dengan pengecoran di lokasi maupun menggunakan beton pra-cetak(Cook dkk., 2002).

Dalam pembuatan jalan *underpass* yang efektif, diperlukan konstruksi yang tepat. *Underpass* digali dengan struktur penahan tanah vertikal. Proyek *underpass* sering menggunakan sistem *Box tunnel* atau *Box underpass*. *Box* ini adalah panel terowongan dengan ukuran tertentu yang digunakan sebagai jalur kendaraan. Penting bagi *Box underpass* untuk kedap air dan suara. Kedap air diperlukan untuk mencegah kebocoran air dari atas, sementara kedap suara bertujuan agar tidak ada kebisingan lalu lintas yang terdengar di dalam *Box*.

2.5.6 Jembatan

Jembatan merupakan struktur yang dirancang untuk mengatasi hambatan fisik seperti sungai, lembah, atau jalan, dengan tujuan memberikan akses untuk melintasi rintangan tersebut. Jembatan memiliki peranan krusial dalam sistem transportasi modern, baik dalam konteks jalan raya maupun kereta api, dan sering dianggap sebagai "jalur kehidupan" dalam infrastruktur sosial (Lin & Yoda, 2017).

Fungsi utama dari jembatan adalah untuk menghubungkan jalur-jalur yang terpisah oleh hambatan fisik. Terdapat berbagai jenis jembatan, termasuk jembatan lengkung, jembatan balok, jembatan gantung, dan jembatan kabel, masing-masing dirancang dengan desain dan fungsi yang spesifik berdasarkan kondisi medan serta kebutuhan yang ada (Indraj dkk., 2019)

2.6 Building Information Modeling (BIM)

Dalam industri Arsitektur, Rekayasa, dan Konstruksi (AEC), minat terhadap konsep *Building Information Modeling* (BIM) terus meningkat. Berbagai pemegang kebijakan di seluruh dunia mulai mengadopsi BIM dalam proyek nasional mereka sebagai upaya untuk mempercepat kemajuan dan meningkatkan efisiensi kerja di sektor AEC. Namun, beberapa perusahaan melihat BIM sebagai teknologi yang disruptif yang dapat mengganggu dinamika persaingan di industri AEC. Oleh karena itu, perlu ada definisi yang jelas mengenai apa yang dimaksud dengan BIM.

Menurut *National Institute of Building Science* (NIBS, 2015), *Building Information Modeling* (BIM) adalah representasi digital dari aspek fisik dan fungsional suatu fasilitas yang memiliki informasi bersama untuk mendukung pengambilan keputusan sejak tahap perencanaan hingga pembongkaran. BIM memiliki beberapa karakteristik, antara lain (PUPR, 2018):

a. BIM merupakan metode inovatif yang digunakan dalam fase desain dan konstruksi bangunan, yang mengintegrasikan representasi tiga dimensi dari karakteristik fisik dan fungsional.
b. BIM adalah proses pembuatan dan pengelolaan informasi model 3D yang dibentuk dan diintegrasikan dalam lingkungan kerja kolaboratif yang dikenal sebagai Common Data Environment (CDE).
c. Prinsip BIM tidak hanya terbatas pada pembuatan model 3D menggunakan komputer, tetapi juga mencakup proses kolaboratif yang simultan dalam pengembangan model dan data antara berbagai pihak, termasuk dalam perencanaan, desain, fabrikasi, konstruksi, dan pemeliharaan.

2.6.1 Dimensi Konstruski pada BIM dan *Maturity Level*

Pemodelan BIM tidak hanya terbatas pada representasi tiga dimensi (3D), tetapi juga mampu menyediakan output informasi dalam dimensi 4D, 5D, 6D, hingga 7D. Menurut Nugroho (2024), dimensi dan tingkatan BIM ini dapat dijelaskan sebagai berikut.

a. BIM 3D (Representasi geometris):

   BIM 3D didasarkan pada konsep panjang, lebar, dan tinggi, yang memberikan informasi geometris mengenai bangunan. Informasi ini bisa berupa grafis maupun non-grafis. Pemodelan ini bermanfaat dalam proses kolaborasi perencanaan, tender, dan konstruksi.
b. BIM 4D (Informasi manajemen waktu)

BIM 4D berfokus pada urutan pekerjaan konstruksi dalam rentang waktu tertentu. Kemampuan untuk memvisualisasikan urutan konstruksi sesuai dengan model tiga dimensi memungkinkan informasi model yang terhubung dan terupdate seiring dengan berlangsungnya proyek.

c. BIM 5D (Informasi estimasi biaya)

BIM 5D menyajikan informasi tambahan berupa estimasi biaya dan kuantifikasi volume. Estimasi biaya dan volume ini dikenal sebagai *Quantity Takeoff* (QTO). Estimasi ini dapat memberikan hubungan detail estimasi biaya untuk setiap komponen, estimasi biaya total, dan estimasi biaya kumulatif terhadap kuantitas dan lokasi.

d. BIM 6D (Informasi keberlanjutan, termasuk deteksi tabrakan dan analisis energi):

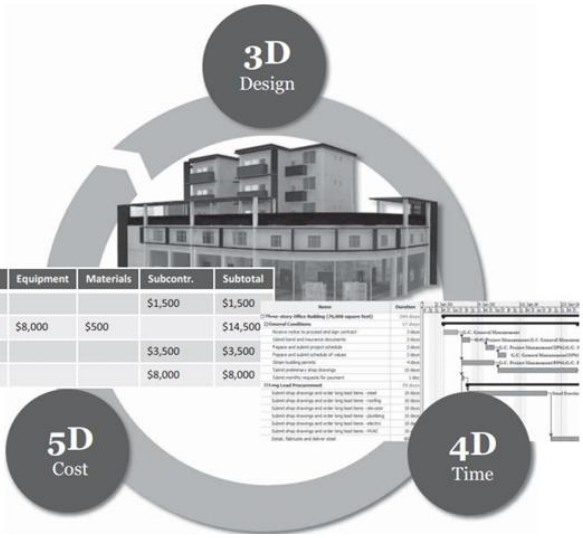
BIM 6D melakukan pengujian model untuk menemukan konflik dalam tata letak ruang. Selain itu, dimensi ini juga dapat digunakan untuk memodelkan estimasi konsumsi energi sebuah bangunan, sehingga desain yang optimal untuk efisiensi konsumsi energi dapat dicapai.

e. BIM 7D (Manajemen fasilitas dan operasi serta pemeliharaan):

BIM 7D mengaitkan informasi operasional bangunan dengan model 3D, memudahkan pengguna dalam mengakses dan mengawasi data, termasuk status komponen, spesifikasi, instruksi pemeliharaan atau manual operasi, serta informasi garansi dan elemen terkait lainnya.

d. BIM 8D (Informasi keselamatan dan kesehatan kerja)

BIM 8D merupakan pengembangan dimensi kedelapan dari Building Information Modeling yang berfokus pada aspek Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dalam proyek konstruksi. Dimensi ini bertujuan untuk mengintegrasikan analisis risiko keselamatan ke dalam tahap perencanaan dan desain proyek, sehingga potensi bahaya dapat diidentifikasi dan dimitigasi sebelum pelaksanaan pekerjaan di lapangan.



Sumber : (Lu dkk., 2019)

Gambar 2. 2 BIM 3D – 5D Relationship

2.6.2 Autodesk Civil 3D

Civil 3D adalah perangkat lunak yang dikembangkan oleh Autodesk, sebuah perusahaan multinasional yang berbasis di California, didirikan oleh John Walker dan Drake. Produk ini merupakan alat yang dinamis, aplikatif, dan inovatif, digunakan untuk merancang bangunan, jalan, dan produk-produk industri lainnya. Civil 3D dirancang khusus untuk para profesional di bidang Teknik Sipil dalam merancang dan merencanakan proyek konstruksi serta rekayasa jalan, termasuk pembangunan pelabuhan dan bendungan. Dalam era globalisasi saat ini, perangkat lunak ini telah menjadi alat dokumentasi yang vital untuk mempermudah proses perancangan di bidang Teknik Sipil. Civil 3D digunakan untuk menganalisis, memodelkan, dan merancang berbagai jenis proyek infrastruktur sipil, termasuk jalan raya (Raji dkk., 2017).

Dalam perencanaan geometris, Civil 3D berfungsi untuk menyajikan prosedur desain jalan dengan lebih detail, menghasilkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan desain geometris manual (Chakole & J.Wadhai, 2022). Penggunaan Civil 3D dapat menghemat biaya dan waktu perencanaan. Sebagai contoh, perencanaan flyover di India yang menggunakan perangkat lunak ini terbukti lebih efektif, efisien, akurat, dan hemat biaya dibandingkan dengan perencanaan manual (Pandey dkk., 2019). Selain itu, perangkat lunak ini memiliki parameter utama yang menjadi pedoman desain jalan, salah satunya adalah visibilitas. Dalam jurnal "Analisis Visibilitas untuk Kendaraan Otonom di Civil 3D," suatu model jalan telah dirancang untuk mengevaluasi visibilitas yang dapat dicapai oleh sensor seperti LIDAR, kamera, dan radar di beberapa titik radius (Khaska & Miletics, 2021).

2.6.3 Autodesk Revit

Revit adalah software untuk desain dan pemodelan yang mendukung proses pengembangan desain serta penjadwalan sebagai sumber informasi bangunan. Platform ini menyediakan versi khusus bagi mahasiswa yang dapat digunakan selama satu tahun dan diperpanjang. Revit mengintegrasikan data terkait proyek konstruksi serta mengoordinasikan informasi yang mencakup berbagai pekerjaan lainnya. Sistem parametrik dalam Revit berfungsi secara otomatis, yang memungkinkan koordinasi perubahan komponen dalam tampilan model, lembar gambar, jadwal, potongan, dan denah (Nugroho, 2024). Tabel 2.2 di bawah ini memberikan penjelasan tentang Autodesk Revit

Tabel 2. 1 Alur Kerja Autodesk Revit

No	Alur	Keterangan
1	*Modeling*	Pemodelan di Revit dapat dilakukan secara langsung atau dengan meng*import* file dari produk Autodesk lain. Komponen yang digunakan dalam pembuatan model ini dikenal sebagai *library*, *template*, atau *family* yang akan diterapkan.
2	*Massing*	Massing adalah proses yang mengubah objek yang digunakan untuk memodelkan bentuk dan geometri, dengan tujuan untuk mengetahui luas, volume, dan visualisasi dari bentuk bangunan.
3	*Phasing*	Revit memungkinkan pengguna untuk melakukan perubahan pada model sesuai dengan kebutuhan di berbagai tahap proyek. Pada setiap tahap, pengguna dapat menentukan komponen bangunan yang akan ditambahkan atau dihapus.
4	*Rendering*	Revit memungkinkan pengguna untuk memvisualisasikan material secara nyata, serta memberikan tekstur dan pencahayaan pada model yang sedang dibuat.
5	*Scheduling*	Model Revit dapat diorganisasikan dalam jadwal yang terintegrasi langsung dengan model, sehingga setiap perubahan yang dilakukan pada model akan secara otomatis memengaruhi jadwal tersebut.
6	*Collaboration*	Jika diperlukan, model Revit dapat dikerjakan dan diakses dari komputer yang berbeda melalui metode *local sharing, multi sharing,* dan BIM *Collaborate*.

Sumber : (Rayendra & Soemardi, 2014)

2.6.4 Clash Detection

Deteksi tabrakan dalam bidang *Building Information Modeling* (BIM) merujuk pada proses untuk mengidentifikasi dan mengatasi konflik antara berbagai elemen desain dalam model 3D sebelum proyek konstruksi dimulai. Proses ini sangat penting dalam manajemen proyek konstruksi, karena dapat mencegah keterlambatan, modifikasi desain, dan peningkatan biaya. Melalui penggunaan perangkat lunak seperti Autodesk Revit deteksi tabrakan dalam BIM memungkinkan tim proyek untuk menemukan dan menyelesaikan masalah desain lebih awal, sehingga mengurangi risiko keterlambatan dan biaya tambahan yang mungkin timbul akibat perubahan yang tidak terduga.

2.6.5 Autodesk Naviswork Manage

Autodesk *Naviswork*s adalah perangkat lunak yang digunakan dalam industri konstruksi untuk meningkatkan efisiensi proyek melalui pemodelan informasi bangunan dalam dimensi keempat (4D BIM). Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk mengintegrasikan data desain dengan jadwal proyek, yang membantu dalam mengidentifikasi dan mengurangi kesalahan desain serta meningkatkan perencanaan yang lebih akurat. Berikut adalah beberapa fungsi utama Autodesk *Naviswork*s menurut Nafe Assafi et al. (2022):

1. Simulasi Proyek : *Naviswork*s mendukung simulasi proyek secara real-time, sehingga memungkinkan pengguna untuk memvisualisasikan dan menganalisis progres proyek dari tahap perencanaan hingga pelaksanaan.
2. Deteksi Kesalahan Desain : Perangkat lunak ini membantu insinyur desain dalam menemukan potensi kesalahan di fase pra-konstruksi, yang dapat meminimalkan penundaan yang disebabkan oleh kesalahan desain.
3. Manajemen Waktu : Dengan menyatukan jadwal proyek ke dalam model 4D, pengelola proyek dapat lebih efektif dalam melacak waktu dan mengelola sumber daya selama fase pelaksanaan.

2.6.6 Quantity Take Off (QTO)

Quantity Take - Off (QTO) adalah proses yang melibatkan pengidentifikasian item pengukuran, pengumpulan informasi dimensi, dan perhitungan item dalam satuan seperti area dan volume dari dokumen konstruksi (Shen & Issa, 2010). QTO merupakan langkah yang sangat penting dalam menentukan estimasi biaya untuk proyek konstruksi. Berbagai metode

dan teknik QTO telah dikembangkan untuk menghitung volume pekerjaan secara akurat (Tigauw dkk., 2023) .

Menurut Filza Wiranti et al.,(2022), prosedur yang harus diikuti saat melakukan perhitungan dengan metode QTO adalah sebagai berikut:

1. Mengklasifikasikan komponen pekerjaan.
2. Membuat deskripsi untuk setiap komponen pekerjaan.
3. Menentukan dimensi dari pekerjaan yang akan dilaksanakan.
4. Menetapkan beban jam-orang.
5. Menetapkan beban biaya.

Perhitungan QTO digunakan untuk mengestimasi rencana anggaran suatu proyek. Banyak program telah dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam proses perhitungan. Dengan menggunakan metode BIM, perhitungan QTO dapat dilakukan secara otomatis, sehingga mengurangi kemungkinan ketidakakuratan dalam estimasi QTO.

2.7 Manajemen Waktu

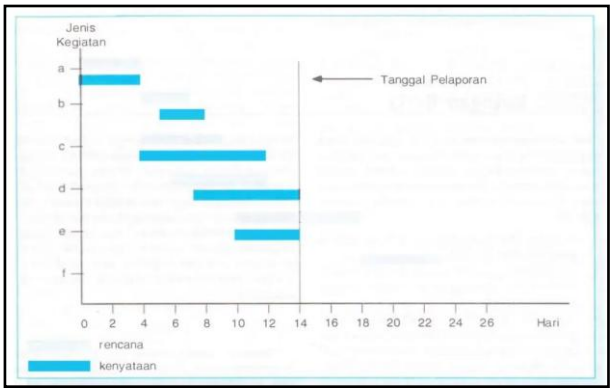
Manajemen waktu proyek adalah tahapan mendefinisikan proses-proses yang perlu dilakukan selama proyek berlangsung berkaitan dengan penjaminan agar proyek dapat berjalan tepat waktu dengan tetap memperhatikan keterbatasan biaya serta penjagaan kualitas produk atau servis atau hasil unik dari proyek. Manajemen waktu proyek merupakan salah satu kompetensi yang harus dimiliki oleh seorang manajer proyek. Manajemen waktu proyek di butuhkan manajer proyek untuk memantau dan mengendalikan waktu yang dihabiskan dalam menyelesaikan sebuah proyek. Dengan menerapkan manajemen waktu proyek, seorang manajer proyek dapat mengontrol jumlah waktu yang dibutuhkan oleh tim proyek untuk membangun deliverables proyek sehingga memperbesar kemungkinan sebuah proyek dapat selesai sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan(Andi Tenrisukki Tenriajeng, 2003) Terdapat beberapa proses yang perlu dilakukan seorang manajer proyek dalam mengendalikan waktu proyek yaitu:

1. Urutan Aktifitas Proyek : Proses ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mendokumentasikan hubungan antara tiap-tiap aktivitas proyek.
2. Mendefinisikan Aktifitas Proyek : Merupakan sebuah proses untuk mendifinisikan setiap aktivitas yang dibutuhkan untuk mencapai tujuan proyek.

3.	Mengontrol dan Mengendalikan Jadwal Proyek	:	Saat kegiatan proyek mulai berjalan, maka pengendalian dan pengontrolan jadwal proyek perlu dilakukan. Hal ini diperlukan untuk memastikan apakah kegiatan proyek berjalan sesuai dengan yang telah direncanakan atau tidak.
4.	Estimasi Aktivitas Sumber daya Proyek	:	Estimasi aktivitas sumber daya proyek bertujuan untuk melakukan estimasi terhadap penggunaan sumber daya proyek.
5.	Estimasi Durasi Kegiatan Proyek	:	Proses ini diperlukan untuk menentukan berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai tujuan proyek.

2.7.1 Bagan Balok (*Bar Chart*)

Bagan balok diperkenalkan oleh H.L Gantt pada tahun 1917 dengan maksud mengidentifikasi unsur waktu dan urutan dalam merencanakan suatu kegiatan, yang terdiri dari waktu mulai, waktu penyelesaian, dan pada saat pelaporan (Soeharto, 1999).



Sumber : (Soeharto, 1999)

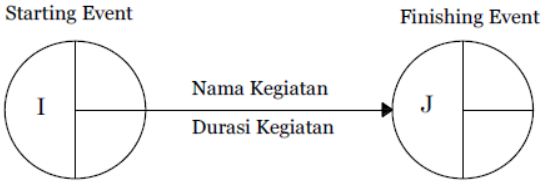
Gambar 2. 3 Contoh Penyajian Bagan Balok (*Bar Chart*)

2.7.2 Critical Path Method (CPM)

Metode Jalur Kritis atau *Critical Path Method* (CPM) adalah metode penjadwalan yang diaplikasikan dalam bentuk diagram panah dimana dalam diagram ini status kegiatan ditentukan dan digambarkan dalam jaringan kerja (*network*). Urutan kegiatan yang digambarkan dalam diagram jaringan tersebut menggambarkan ketergantugan kegiatan tersebut

terhadap kegiatan yang lain, dimana setiap kegiatan memiliki kurun waktu pelaksanaan yang sudah ditentukan(Hutagaol, 2013). Pada metode CPM dikenal adanya jalur kritis yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek yang tercepat. Jadi, jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis dimulai dari kegiatan pertama sampai pada kegiatan terakhir proyek (Soeharto, 1999)

Metode CPM termasuk dalam *network diagram* AOA atau *Activity On Arrow*, yaitu kegiatan atau aktivitas yang digambarkan dengan anak panah (*arrow*). Pada CPM "*Node*" atau lingkaran merupakan suatu peristiwa atau kegiatan yang diberi nomor seperti pada gambar di bawah ini (Hutagaol, 2013).



Sumber : (Hutagaol, 2013)

Gambar 2. 4 *Activity On Arrow* (AOA)

Dimana:

1. I dan J adalah nomor "*Node*"
2. Nama kegiatan dan Durasi kegiatan pada anak panah
3. Anak panah awal menunjukan awal kegiatan dan ujung anak panah menunjukan akhir kegiatan
4. *Node* membatasi awal kegiatan (*starting event*) dan akhir kegiatan (*finishing event*)
5. *Finishing event* dari suatu kegiatan menjadi *starting event* pada kegiatan berikutnya

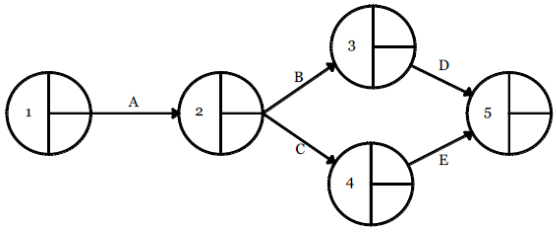
Hubungan antar aktivitas adalah hubungan logis yang menunjukan urutan kegiatan. Konstrain yang digunakan pada jaringan kerja AOA adalah *Finish to Start* (FS), yaitu kegiatan yang selanjutnya dimulai (*start*) apabila kegiatan sebelumnya telah selesai (*finish*). Berikut adalah contoh penggambaran diagram AOA.

Tabel 2. 2 Contoh Penggambaran Diagram *Activity on Arrow*

No	Kode Kegiatan	*Predecessor*	*Successor*
1	A	-	B,C
2	B	A	D
3	C	A	E

4	D	B	-
5	E	C	-

Sumber : (Hutagaol, 2013)



Sumber : (Hutagaol, 2013)

Gambar 2. 5 Contoh Penggambaran Diagram *Activity On Arrow*

Dimana:

1. A *predecessor* B, C
2. B *successor* A dan *predecessor* D
3. C *successor* A dan *predecessor* E
4. D *successor* B
5. E *successor* C

2.7.3 Metode Preseden Diagram (*Precedence Diagram Method* – PDM)

Metode Preseden Diagram (*Precedence Diagram Method* - PDM) adalah jaringan kerja yang termasuk dalam klasifikasi AON atau kegiatan yang berada di node (*activity on node*). Dalam metode ini, kegiatan dituliskan di dalam node yang umumnya berbentuk segi empat, sedangkan anak panah hanya sebagai petunjuk hubungan antara kegiatan-kegiatan yang bersangkutan (Soeharto, 1999). Menurut (Mahapatni, 2019)kelebihan dari *Precedence Diagram Method* dibandingkan dengan *Arrow Diagram Method* yang termasuk dalah klasifikasi AOA seperti metode CPM dan PERT, yaitu:

1. Tidak memerlukan kegiatan fiktif atau *dummy* sehingga pembuatan jaringan kerja menjadi lebih sederhana.
2. Hubungan *overlapping* yang berbeda dapat dibuat tanpa menambah jumlah kegiatan.

Menurut Soeharto (1999), kotak dalam PDM menandai suatu kegiatan sehingga harus dicantumkan identitas kegiatan dan kurun waktunya. Adapun peristiwa merupakan ujung kegiatan. Setiap node mempunyai dua peristiwa, yaitu peristiwa awal dan akhir. Terdapat istilah dalam PDM seperti atribut dan denah (*lay out*). Atribut adalah ruangan dalam node dibagi menjadi bagian-bagian yang berisi keterangan dari kegiatan yang bersangkutan. Beberapa

atribut yang dicantumkan, seperti kurun waktu kegiatan (D), identitas kegiatan (nomor dan nama), mulai dan selesainya kegiatan (ES, LS, EF, LF, dan lainnya). Sedangkan denah adalah tata letak dari berbagai macam artibut yang hendak dicantumkan sesuai dengan keperluan dan keinginan pengguna. Berikut adalah contoh dari denah yang biasa digunakan dalam metode PDM.

Tabel 2. 3 Contoh Denah pada Node PDM (1)

Nomor Urut			
ES	Nama Kegiatan	Kurun Waktu (D)	EF
LS	(tanggal)	(tanggal)	LF

Sumber : (Soeharto, 1999)

Tabel 2. 4 Contoh Denah pada Node PDM (2)

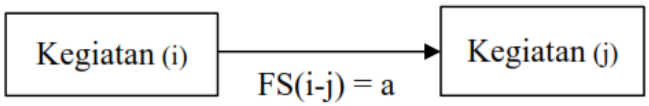
Nomor dan Nama Kegiatan	
Tgl. Mulai ES/LS	Kurun Waktu (D)
Tgl. Selesai EF/LF	*Float* Total (F)
Progress Penyelesaian (%)	

Sumber : (Soeharto, 1999)

Pada PDM anak panah hanya sebagai penghubung atau memberi keterangan hubungan antarkegiatan dan tidak menyatakan kurun waktu kegiatan, maka hubungan antarkegiatan berkembang menjadi kemungkinan beberapa konstrain. Konstrain menunjukkan hubungan antarkegiatan dengan satu garis dari node terdahulu ke node berikutnya. Satu konstrain hanya dapat menghubungkan dua node, setiap node memiliki dua ujung, yaitu ujung awal atau mulai = (S) dan ujung akhir atau selesai = (F). Pada garis konstrain terdapat penjelasan mengenai waktu mendahului (lead) atau terlambat tertunda (lag). Bila kegiatan (i) mendahului (j) dan satuan waktu adalah hari. Terdapat 4 macam konstrain sebagai berikut (Soeharto, 1999):

1. Konstrain Selesai ke Mulai – FS (*Finish - Start*)

Konstrain selesai ke mulai (FS) memberikan penjelasan hubungan antara mulainya suatu kegiatan dengan selesainya kegiatan terdahulu, dirumuskan sebagai FS(i-j) = a yang berarti kegiatan (j) mulai a hari setelah kegiatan yang mendahului (i) selesai). Konstrain ini identik dengan suatu kegiatan dapat dimulai apabila kegiatan yang mendahuluinya (predecessor) telah selesai.

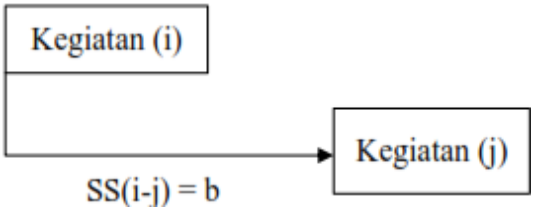


Sumber : (Hutagaol, 2013)

Gambar 2. 6 Konstrain *Finish* - *Start* (FS)

2. Konstrain Mulai ke Mulai – SS (*Start - Start*)

Konstrain mulai ke mulai (SS) memberikan penjelasan hubungan antara mulainya 12 suatu kegiatan dengan mulainya suatu kegiatan terdahulu atau dapat dirumuskan SS(i-j) = b yang berarti suatu kegiatan (j) mulai setelah b hari kegiatan terdahului (i) mulai. Konstrain ini terjadi apabila sebelum kegiatan terdahulu selesai 100 persen, maka kegiatan (j) boleh dimulai atau kegiatan (j) boleh dimulai setelah bagian tertentu dari kegiatan (i) selesai. Namun, besar angka b tidak boleh melebihi angka kurun waktu kegiatan terdahulu, karena b adalah Sebagian dari kurun waktu kegiatan terdahulu. Pada konstrain ini terjadinya kegiatan tumpang tinding.

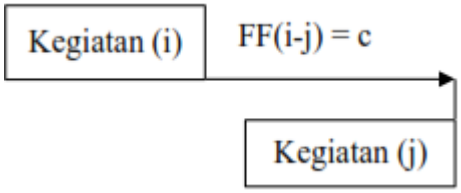


Sumber : (Soeharto, 1999)

Gambar 2. 7 Konstrain *Start* - *Start* (SS)

3. Konstrain Selesai ke Selesai – FF (*Finish – Finish*)

Konstrain selesai ke selesai (FF) memberikan penjelasan hubungan antara selesainya suatu kegiatan dengan selesainya kegiatan terdahulu atau dapat dirumuskan dengan FF(i-j) = c yang berarti kegiatan (i) selesai setelah c hari kegiatan terdahulu (i) selesai. Konstrain ini mencegah selesainya suatu kegiatan mencapai 100 persen sebelum kegiatan terdahulu telah (=c) hari selesai. Besar c tidak boleh melebihi angka kurun waktu kegiatan yang bersangkutan (j).

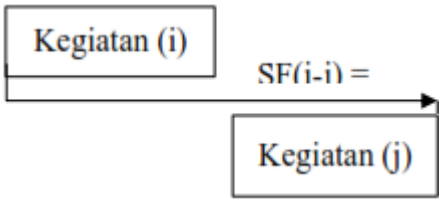


Sumber : (Soeharto, 1999)

Gambar 2. 8 Konstrain *Finish* - *Finish* (FF)

4. Konstrain Mulai ke Selesai – SF (*Start – Finish*)

Konstrain mulai ke selesai menjelaskan hubungan antara selesainya kegiatan dengan mulainya kegiatan terdahulu, dirumuskan dengan SF(i-j) = d yang berarti suatu kegiatan (j) selesai setelah d hari kegiatan (i) terdahulu mulai. Jadi, Sebagian dari porsi kegiatan terdahulu harus selesai sebelum bagian akhr kegiatan yang dimaksud boleh diselesaikan.



Sumber : (Soeharto, 1999)

Gambar 2. 9 Konstran *Start - Finish* (SF)

2.7.4 Kurva S

Teori kurva S dalam manajemen proyek adalah metode yang digunakan untuk mengontrol dan mengevaluasi kemajuan proyek dari waktu ke waktu. Kurva ini menggambarkan akumulasi pekerjaan yang telah diselesaikan dan sering digunakan bersamaan dengan metode lain seperti CPM (*Critical Path Method*) untuk mengoptimalkan biaya dan durasi proyek.

Kurva S adalah representasi grafis dari kemajuan kumulatif proyek terhadap waktu. Bentuknya menyerupai huruf "S" karena menunjukkan peningkatan yang lambat di awal, percepatan di tengah, dan perlambatan di akhir proyek (Sumarningsih, 2007).Kurva S digunakan untuk memantau kemajuan proyek, mengidentifikasi penyimpangan dari rencana, dan membantu dalam pengambilan keputusan terkait alokasi sumber daya dan penjadwalan ulang(Dharmawan dkk., 2017). Kurva S juga dapat digunakan untuk membandingkan jadwal rencana dengan kemajuan aktual di lapangan. Ini membantu mengidentifikasi keterlambatan dan memungkinkan manajer proyek untuk mengambil tindakan korektif (Utami Nilawati & Dharsika, 2020)

Kurva S adalah alat penting dalam manajemen proyek yang membantu dalam pengendalian dan evaluasi kemajuan proyek. Dengan memvisualisasikan kemajuan kumulatif, kurva ini memungkinkan manajer proyek untuk mengidentifikasi penyimpangan dari rencana dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya serta waktu proyek.

2.8 Manajemen Biaya

Manajemen biaya (*cost management*) adalah proses perencanaan, pengorganisasian, pengarahan, dan pengendalian biaya dalam suatu organisasi atau proyek. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa sumber daya digunakan secara efisien dan efektif, sehingga tujuan organisasi dapat tercapai dengan biaya yang terkendali.

2.8.1 Biaya Langsung

Biaya langsung dalam proyek konstruksi mencakup semua biaya yang berhubungan langsung dengan pelaksanaan pekerjaan. Ini meliputi biaya tenaga kerja, bahan bangunan, dan peralatan yang digunakan dalam proyek. Biaya langsung adalah biaya yang diperlukan untuk mendapatkan sumber daya yang akan dipergunakan untuk penyelesaian proyek konstruksi. Biaya yang termasuk dalam biaya langsung adalah upah tenaga kerja, bahan material, operasi peralatan (L. Setiawan & Tamtana, 2020).

Tenaga Kerja : Ini adalah biaya yang dikeluarkan untuk membayar upah pekerja yang terlibat langsung dalam proyek. Hal ini mencakup perbedaan koefisien upah antara RAB, BOW, dan implementasi aktual, yang dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti harga upah, jumlah tenaga kerja, dan tingkat keterampilan.

Bahan : Biaya yang diperlukan untuk semua bahan yang dibutuhkan dalam proyek, seperti beton, baja, dan material bangunan lainnya. Perbedaan dalam metode perhitungan seperti SNI dan BOW dapat memengaruhi total biaya bahan.

Peralatan : Biaya yang terkait dengan penggunaan peralatan yang diperlukan, termasuk sewa atau pembelian alat berat dan perangkat konstruksi lainnya.

2.8.2 Biaya Tidak Langsung

Biaya tidak langsung adalah biaya dalam proyek konstruksi yang tidak secara langsung berhubungan dengan hasil konstruksi di lapangan tetapi biaya ini harus ada dan tidak dapat dilepaskan dari proyek tersebut (Nurdiana, 2015). Biaya tidak langsung merupakan biaya yang dikeluarkan yang tidak bergantung pada volume pekerjaan namun bergantung pada lamanya waktu pelaksanaan pekerjaan (Muzainah, 2021). Berdasarkan Soeharto (1999), yang termasuk biaya tidak langsung adalah:

1. Gaji dan pengeluaran lain bagi tenaga administrasi, tim penyedia, dan manajemen proyek.
2. Biaya pengadaan fasilitas sementara untuk pekerja seperti asrama dll.
3. Menyewa atau membeli alat-alat berat untuk kebutuhan konstruksi.
4. Ongkos menyewa kantor, termasuk keperluan utilitas seperti listrik dan air.
5. Bunga dari dana yang diperlukan proyek.

Biaya tidak langsung juga mencakup biaya overhead, profit, dan pajak (Sutisna, 2023). Berdasarkan Peraturan Presiden no. 70 tahun 2012 pasal 66 ayat 8, keuntungan dan biaya overhead yang wajar untuk pekerjaan konstruksi maksimal 15%. Dalam perhitungan biaya tidak langsung dapat dilakukan dengan merencanakan satu persatu sesuai dengan kebutuhan proyek. Namun dalam beberapa penelitian dikatakan biaya tidak langsung dapat dihitung dari biaya langsung proyek yaitu sebesar 4% (Paramitha, 2022).

2.8.3 Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK)

Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) adalah standar biaya dasar yang digunakan dalam perencanaan anggaran proyek konstruksi. HSPK ini berfungsi untuk menentukan biaya satuan dari setiap aktivitas dalam proyek, yang kemudian digunakan untuk menyusun Rencana Anggaran Biaya (RAB) (Andre Riantama & Koespiadi, 2018). Dalam konteks proyek pembangunan, HSPK membantu dalam memprediksi perubahan harga di masa depan dengan menganalisis data historis, seperti yang dilakukan dalam penelitian yang menggunakan analisis regresi linier untuk memproyeksikan biaya pembangunan per meter persegi (Riantama & Koespiadi, 2018). Selain itu, HSPK juga digunakan dalam perhitungan kebutuhan tenaga kerja dan material berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI), yang dapat dilakukan dengan bantuan program seperti Microsoft Excel Macros untuk mempermudah proses perhitungan dan memastikan kesesuaian dengan standar yang berlaku (E. Setiawan dkk., 2016).

2.8.4 Analisa Harga Satuan (AHS)

Analisa Harga Satuan dalam proyek konstruksi adalah metode yang digunakan untuk menghitung biaya dari setiap unit pekerjaan dalam proyek. Metode ini penting untuk memastikan bahwa anggaran proyek dapat dikelola dengan baik dan efisien. Dalam praktiknya, analisa harga satuan sering kali dilakukan dengan membandingkan metode yang berbeda seperti Standar Nasional Indonesia (SNI), metode lapangan, dan metode BOW (*Burgerlijke Openbare Werken*). Misalnya, dalam sebuah studi, ditemukan bahwa metode lapangan dapat

menghasilkan harga satuan yang lebih ekonomis dibandingkan dengan metode SNI dan BOW, yang menunjukkan pentingnya memilih metode analisis yang tepat untuk efisiensi biaya (Irmayanti dkk., 2021).

2.8.5 Harga Satuan Pekerjaan (HSP)

Harga Satuan Pekerjaan (HSP) dalam proyek konstruksi adalah harga yang diperlukan untuk menyelesaikan setiap unit kuantitas pekerjaan, yang mencakup harga satuan untuk upah tenaga kerja, bahan, dan peralatan yang digunakan (Mubarak dkk., 2019). HSP digunakan untuk memperkirakan biaya yang akan dikeluarkan sebelum memulai konstruksi, sehingga biaya yang diperoleh adalah biaya perkiraan, bukan biaya aktual (Widodo dkk., 2020)

Komponen dari Harga Satuan Pekerjaan (HSP) mencakup beberapa elemen penting. Pertama, ada biaya tenaga kerja, yang meliputi upah yang dibayarkan kepada pekerja yang terlibat dalam proyek. Selanjutnya, biaya bahan mencakup harga berbagai material yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan konstruksi. Selain itu, penggunaan peralatan juga menjadi komponen HSP, yang mencakup biaya terkait dengan alat dan mesin yang digunakan selama proses konstruksi (Mubarak dkk., 2019)

HSP memiliki beberapa penggunaan penting dalam manajemen proyek. Salah satunya adalah perencanaan anggaran, di mana HSP digunakan untuk menentukan estimasi biaya yang diperlukan dalam proyek. Selain itu, HSP juga berfungsi untuk membandingkan biaya proyek dengan standar lain, seperti Standar Nasional Indonesia (SNI) dan analisis kontraktor. Penting juga untuk diperhatikan bahwa harga satuan pekerjaan dapat bervariasi berdasarkan lokasi proyek, yang dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti aksesibilitas serta harga bahan dan upah di wilayah tersebut (E. Setiawan dkk., 2016)

Harga Satuan Pekerjaan (HSP) adalah alat penting dalam perencanaan dan pengelolaan biaya proyek konstruksi, yang mencakup biaya tenaga kerja, bahan, dan peralatan. HSP membantu dalam membuat estimasi biaya yang lebih akurat dan memungkinkan perbandingan dengan standar lain seperti SNI. Selain itu, HSP dapat bervariasi tergantung pada lokasi proyek, yang mempengaruhi harga bahan dan upah.

2.8.6 Harga Satuan Perkiraan Sendiri (HPS)

Menurut (Ashari, 2014) Harga Perkiraan Sendiri (HPS) adalah perhitungan biaya atas pekerjaan barang/jasa sesuai dengan syarat-syarat yang ditentukan dalam dokumen pemilihan penyedia barang/jasa, dikalkulasikan secara keahlian dan berdasarkan data yang dapat dipertanggung-jawabkan. Setiap pengadaan harus dibuat HPS kecuali pengadaan yang

menggunakan bukti perikatan berbentuk bukti pembayaran, jadi HPS digunakan untuk pengadaan dengan tanda bukti perjanjian berupa kuitansi, dan surat perjanjian.

2.8.7 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah perhitungan biaya untuk bahan, upah, alat, serta biaya lainnya yang diperlukan dalam pelaksanaan suatu proyek (Ardhinata, 2024). Sebagai dasar perhitungan harga satuan pekerjaan yang akan diteliti, digunakan pedoman daftar harga satuan bahan dan upah yang diterbitkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum. Persamaan RAB dapat dirumuskan :

$$\text{RAB} = \sum(Volume \times Harga\ Satuan) \quad \text{.....(2.1)}$$

Anggaran biaya adalah harga dari suatu bangunan yang dihitung dengan seksama, teliti, dan sesuai dengan ketentuan yang ada. Anggaran biaya untuk bangunan yang sama dapat bervariasi di setiap daerah, disebabkan oleh perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja.

2.8.8 Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP)

RAP adalah rencana anggaran biaya proyek pembangunan yang dibuat kontraktor untuk memperkirakan berapa sebenarnya biaya sesungguhnya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu kontrak kerja proyek konstruksi, sedangkan RAB adalah rencana anggaran biaya bangunan yang dibuat oleh konsultan perencana sebagai dasar untuk melakukan kontrak kerja konstruksi. Jadi dari pengertian tersebut bisa kita lihat bahwa selisih antara RAP dan RAB merupakan Gambaran awal untuk memperkirakan laba rugi perusahaan kontraktor(Ritonga, 2021). Jadi fungsi RAP itu sangat penting dalam menunjang keberhasilan sebuah proyek konstruksi.

2.9 Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dalam industri konstruksi adalah elemen penting yang memengaruhi tingkat produktivitas pekerja. Sering kali, kecelakaan di tempat kerja terjadi akibat implementasi program K3 yang tidak memadai, yang dapat berdampak buruk pada produktivitas secara keseluruhan. Oleh karena itu, sangat penting untuk menerapkan K3 di setiap tahap proyek konstruksi guna melindungi keselamatan dan kesehatan pekerja.

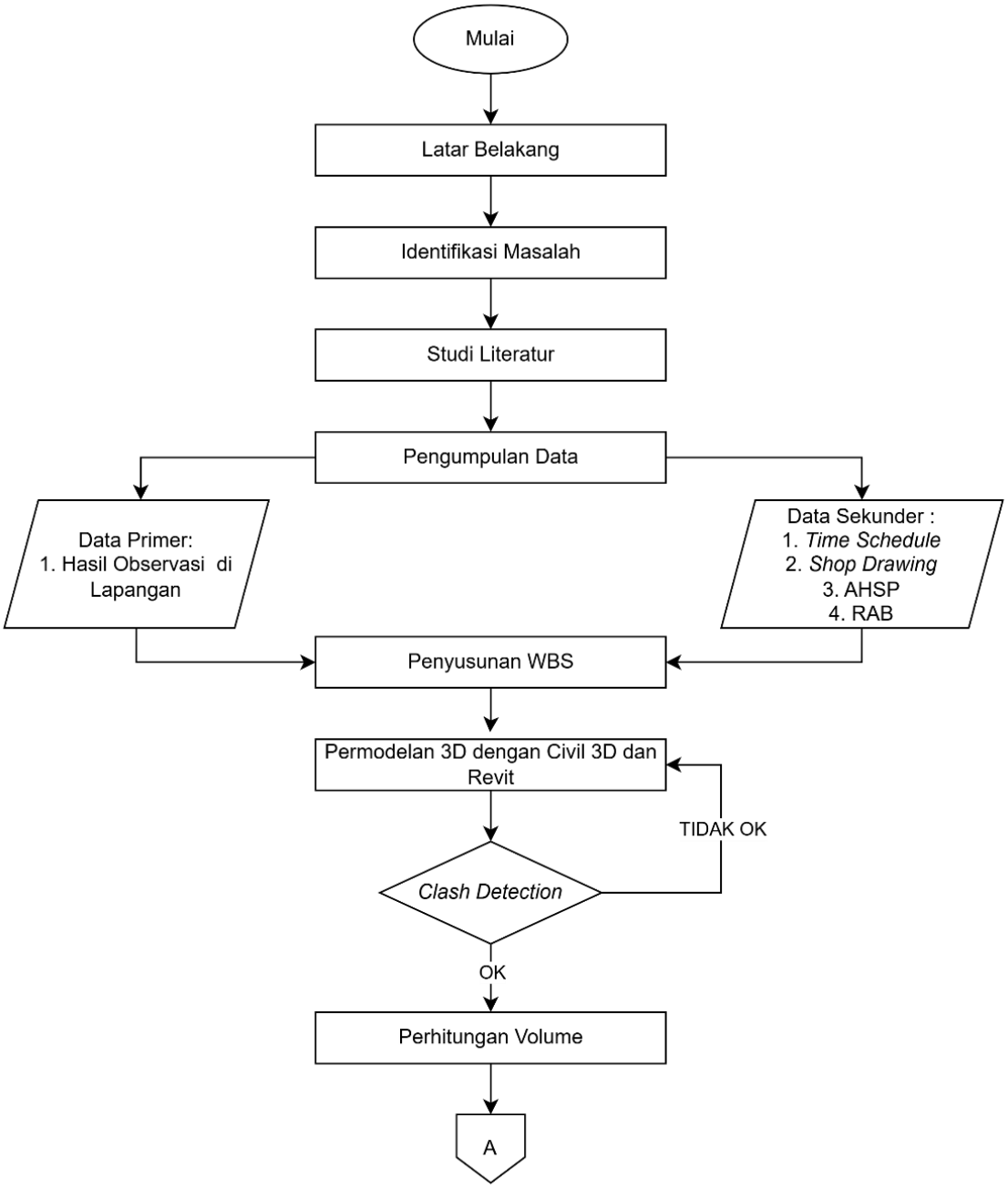
Kecelakaan kerja dapat didefinisikan sebagai insiden yang terjadi selama pelaksanaan tugas. Di sisi lain, keselamatan kerja (*safety*) berarti keadaan terhindar dari bahaya serta upaya melindungi diri sendiri dan orang lain dari potensi kecelakaan (Wiratmani, 2010).

Aspek Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan (K3L) juga memainkan peran penting dalam pelaksanaan proyek konstruksi. Dokumen SHE Plan berfungsi sebagai panduan yang merinci prosedur yang terdapat dalam Sistem Manajemen Keselamatan, Kesehatan Kerja, dan Lingkungan (SMK3L) di setiap bagian pekerjaan konstruksi.

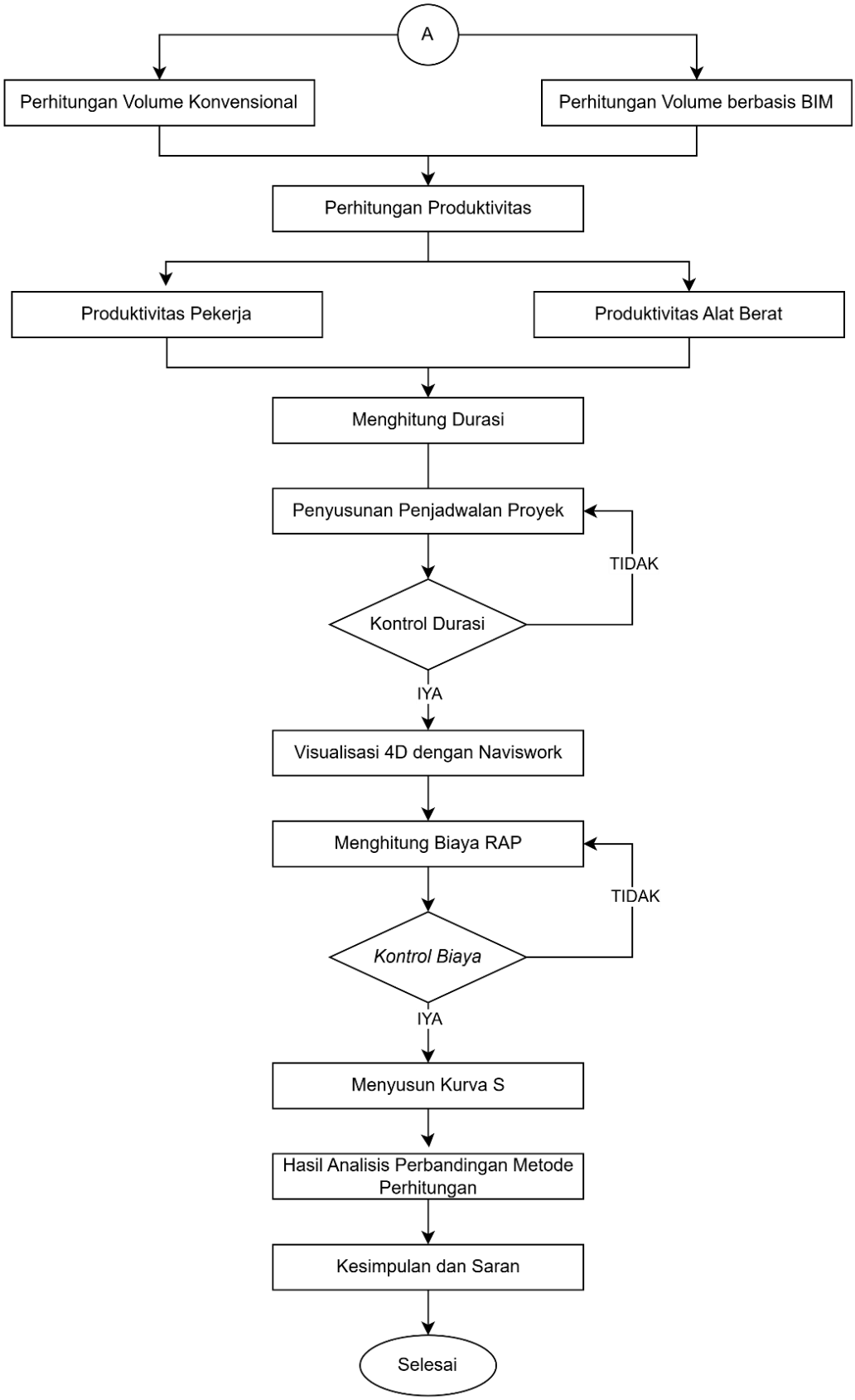
BAB III
METODOLOGI

3.1 Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir

Berikut merupakan bagan alir dalam penyelesaain tugas akhir:



Gambar 3. 1 Diagram Alir Tugas Akhir



Gambar 3. 2 Diagram Alir Tugas Akhir (2)

3.2 Studi Literatur

Studi literatur harus dilakukan dalam suatu penelitian dikarenakan digunakan sebagai acuan. Literatur yang digunakan bersumber dari jurnal, buku terkait manajemen konstruksi, danperaturan pemerintah. Berikut adalah bahan studi literatur yang digunakan pada tugas akhir ini adalah:

1. Perencanaan proyek
2. Penjadwalan Proyek
3. BIM
4. RAB

3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan sebagai dasar dan informasi yang dapat diteliti pada tugas akhir ini. Berikut adalah beberapa data yang diperlukan dalam penyusunan proyek akhir ini:

3.3.1 Data Teknis

Berikut merupakan data teknis proyek Pembangunan Jalan Tol Probolinggo – Banyuwangi Paket 3B.

Nama Pekerjaan	:	Pembangunan Jalan Tol Probolinggo – Banyuwangi Paket 3B STA 29+600 s/d STA 45+800 (+IC) (14 KM)
Lokasi Pekerjaan	:	Paiton - Besuki
Pemilik Proyek	:	PT JASAMARGA PROBOLINGGO - BANYUWANGI
Konsultan Perencana	:	KSO BUANA MEGA MARATAMA
Kontraktor Pelakasana	:	PP, WASKITA, WIKA KSO
Konsultan Pengawas	:	PT. PARAMA KARYA MANDIRI KSO
Konsultan PMI	:	PT. ARIA JASA REKSATAMA
Jenis Kontrak	:	Gabungan Lump Sum dan Harga Satuan
Waktu Pelaksanaan	:	549 Hari Kalender (12 Juni2023 –12 Desember 2024)
Waktu Pemeliharaan	:	1.095 Hari Kalender

3.3.2 Data Primer

Data yang diperoleh berasal dari survei langsung di lokasi proyek selama 4 bulan, dari tanggal 15 Juli hingga 25 November 2024, sebagai bagian dari kegiatan magang. Data primer juga mencakup survei harga material dan penyewaan alat yang digunakan. Informasi ini digunakan untuk menghitung Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) normal proyek, karena

tidak ada RAB yang disediakan oleh kontraktor. Selain itu, data juga didapat melalui observasi dan wawancara langsung dengan pihak proyek.

3.3.3 Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari pihak perusahaan objek penelitian, yaitu PT Parama Karya Mandiri KSO dan peraturan serta literatur terkait. Berikut adalah data yang didapatkan dari :

1. *Time Schedule*
2. *Shop drawing*
3. RAB
4. AHSP

3.4 Pengolahan Data

Dari data yang telah dikumpulkan, tahapan berikutnya yaitu melakukan pengolahan data dengan metode analisa agar tujuan dari proyek akhir ini dapat tercapai. Berikut adalah tahapan pengolahan data:

3.4.1 Menyusun WBS

Work Breakdown Structure (WBS) dibuat untuk memberikan rincian yang lebih mendalam dan meningkatkan kejelasan mengenai kegiatan struktur dalam Proyek Jalan Tol Probolinggo-Banyuwangi yang berada di Provinsi Jawa Timur. Dengan adanya WBS, setiap elemen pekerjaan dapat dikelompokkan dan diorganisir secara sistematis, sehingga memudahkan pemahaman dan pengelolaan proyek secara keseluruhan.

3.4.2 Perancangan Model 3D

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis melalui pemodelan gedung dengan memanfaatkan Autodesk Civil 3D dan Revit. Proses pemodelan ini difokuskan hanya pada aspek struktur gedung. Hasil dari pemodelan tersebut adalah volume material untuk setiap elemen struktur yang digunakan.

3.4.3 Clash Detection

Mengidentifikasi adanya tabrakan atau benturan dalam model 3D. Proses ini akan dilakukan pada elemen beton yang dimodelkan menggunakan Revit, serta pada *reinforcement* struktur yang akan dianalisis di *Naviswork*s. Jika ditemukan masih terdapat benturan, langkah perbaikan akan dilakukan di Revit.

3.4.4 Perhitungan Volume

Setelah volume diperoleh melalui metode *Building Information Modeling* (BIM), langkah selanjutnya adalah menghitung kebutuhan material. Proses perhitungan ini akan memanfaatkan Microsoft Excel. Dari kedua metode ini, akan didapatkan volume total yang diperlukan untuk material, termasuk beton dan tulangan.

3.4.5 Perhitungan Produktivitas

Langkah berikutnya adalah melakukan perhitungan produktivitas. Produktivitas ini akan dihitung berdasarkan Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Kabupaten Probolinggo tahun 2024. Kapasitas yang dianalisis meliputi kapasitas tenaga kerja dan kapasitas alat berat yang digunakan dalam proyek.

3.4.6 Perhitungan Durasi Pekerjaan

Perhitungan durasi untuk proyek akhir ini diperoleh dari setiap aktivitas yang telah dihitung setelah menyelesaikan analisis produktivitas untuk masing-masing alat berat dan sumber daya yang digunakan. Proses perhitungan durasi ini difasilitasi oleh perangkat lunak Microsoft Excel dan Microsoft Project. Dalam kontrol durasi proyek akhir ini, diharapkan bahwa durasi pekerjaan yang menggunakan metode BIM akan lebih singkat dibandingkan dengan durasi pekerjaan yang dilakukan secara konvensional.

3.4.7 Penyusunan Penjadwalan Proyek

Untuk menyusun penjadwalan proyek, digunakan perangkat lunak Microsoft Project serta *Naviswork*s untuk simulasi pelaksanaan pekerjaan. Metode yang diterapkan terdiri dari dua pendekatan, yaitu *Critical Path Method* (CPM) dan *Precedence Diagram Method* (PDM).

3.4.8 Visualisasi 4D dengan *Naviswork*s

Visualisasi 4D dilakukan secara terpisah dari perangkat lunak Revit karena proses 4D hanya dapat dilaksanakan dengan bantuan perangkat lunak Autodesk lainnya, yaitu *Naviswork*s. Hasil dari visualisasi 4D ini adalah untuk menggambarkan urutan atau sequence dari kegiatan proyek. Tahapan dalam proses ini dimulai setelah pemodelan dan penjadwalan proyek selesai, kemudian model dan jadwal di*import* ke dalam *Naviswork*s, dan selanjutnya dilakukan penghubungan antara penjadwalan dengan model yang telah dibuat.

3.4.9 Perhitungan Rencana Anggaran Pelaksanaan

Dalam perhitungan Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP), terdapat tiga komponen utama, yaitu biaya alat berat, biaya upah kerja, dan kebutuhan material. Setelah anggaran biaya pelaksanaan ditetapkan, langkah selanjutnya adalah menghitung pembobotan untuk masing-masing pekerjaan agar dapat dimasukkan ke dalam penjadwalan. RAP dalam proyek akhir ini dihitung berdasarkan hasil survei. Untuk aspek RAP K3, data akan diambil dari jurnal yang tersedia di internet, dengan persentase K3 dihitung terhadap total RAP. Dalam kontrol biaya RAP pada proyek akhir ini, diharapkan biaya RAP untuk pekerjaan yang menggunakan perhitungan BIM akan lebih rendah dibandingkan dengan biaya RAP untuk pekerjaan dengan perhitungan konvensional.

3.4.10 Penyusunan Kurva S

Penyusunan Kurva S bertujuan untuk mengidentifikasi dan merencanakan durasi pelaksanaan proyek. Selain itu, Kurva S juga digunakan untuk merencanakan waktu pelaksanaan konstruksi pada Proyek Tol Probowangi Paket 3B.

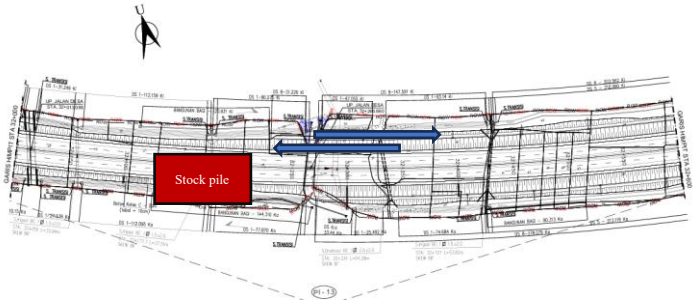
3.5 Hasil dan Kesimpulan

Kesimpulan dari pengolahan data primer dan sekunder menunjukkan bahwa elemen-elemen yang dihasilkan meliputi pemodelan 3D, volume *Quantity Take - Off* dari *Building Information Modeling* (BIM), visualisasi 4D, durasi yang dihitung melalui BIM, penjadwalan perhitungan, serta Rencana Anggaran Pelaksana (RAP) untuk Proyek Pembangunan Tol Probowangi Paket 3B.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

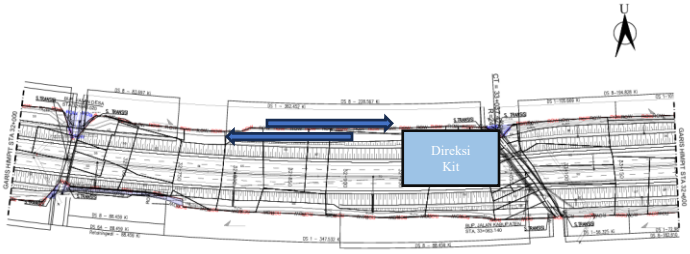
4.1 Gambaran Umum

Proyek Jalan Tol Probolinggo–Banyuwangi Paket 3B merupakan bagian dari pembangunan Jalan Tol Probolinggo–Banyuwangi (Probowangi) yang menghubungkan Kabupaten Probolinggo hingga Kabupaten Banyuwangi di Provinsi Jawa Timur. Paket 3B Zona 2 ini mencakup ruas Paiton–Besuki sepanjang 5,8 km. Pembangunan ruas ini dilaksanakan oleh PT Waskita Karya (Persero) Tbk.



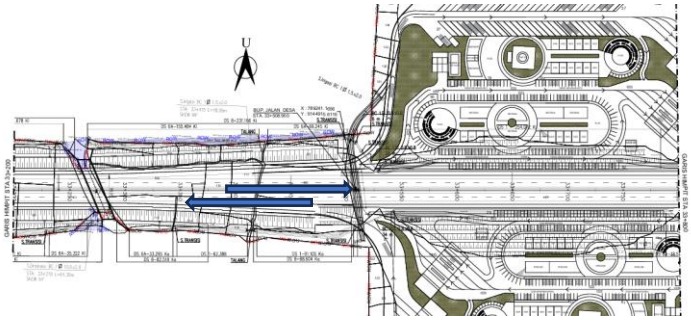
(Sumber : Master Plan Tol Probowangi PT Waskita)

Gambar 4. 1 Site Layout STA 32+000-32+600



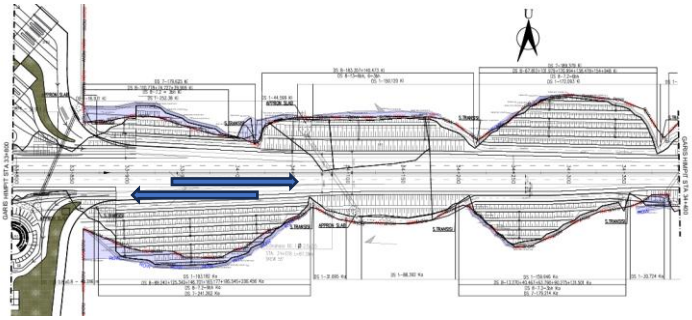
(Sumber : Master Plan Tol Probowangi PT Waskita)

Gambar 4. 2 *Site Layout* STA 32+600 - 33+200



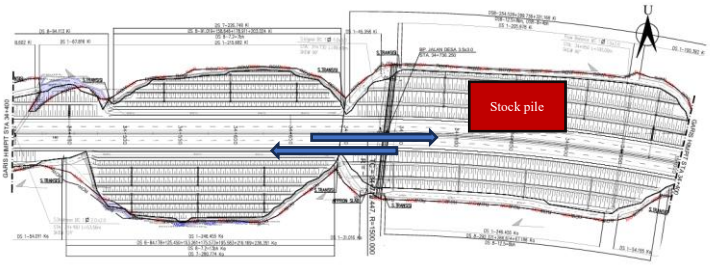
(Sumber : Master Plan Tol Probowangi PT Waskita)

Gambar 4. 3 *Site Layout* STA 33+200 - 33+800



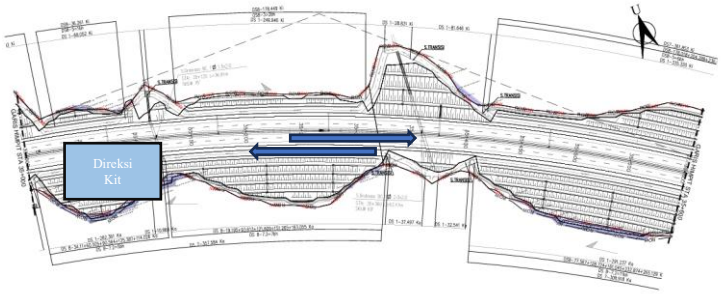
(Sumber : Master Plan Tol Probowangi PT Waskita)

Gambar 4. 4 *Site Layout* STA 33+800 - 34+400



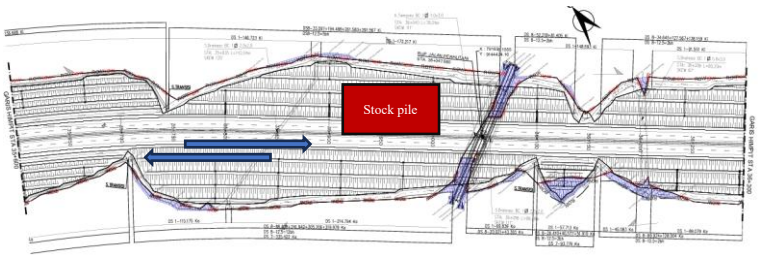
(Sumber : Master Plan Tol Probowangi PT Waskita)

Gambar 4. 5 *Site Layout* STA 34+400 – 35+000



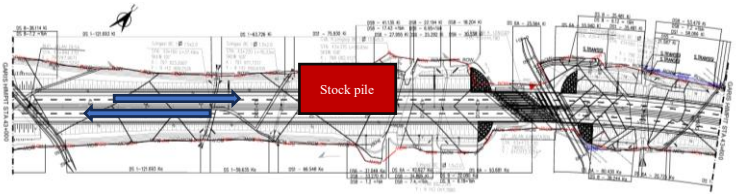
(Sumber : Master Plan Tol Probowangi PT Waskita)

Gambar 4. 6 *Site Layout* STA 35+000 - 35+600



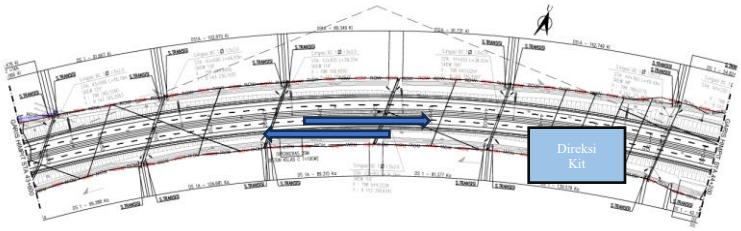
(Sumber : Master Plan Tol Probowangi PT Waskita)

Gambar 4. 7 *Site Layout* STA 35+600 - 36+300



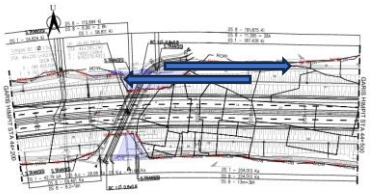
(Sumber : Master Plan Tol Probowangi PT Waskita)

Gambar 4. 8 *Site Lay Out* STA 43+000 - 43+600



(Sumber : Master Plan Tol Probowangi PT Waskita)

Gambar 4. 9 *Site Layout* STA 43+600 - 44+200



(Sumber : Master Plan Tol Probowangi PT Waskita)

Gambar 4. 10 *Site Layout* STA 44+200 - 44+500

4.1.1 Manajemen Lalu Lintas (*Traffic Management*)

Traffic management merupakan suatu sistem yang dirancang untuk mengatur dan mengendalikan arus lalu lintas di sekitar area proyek guna memastikan keselamatan pekerja, pengguna jalan, serta kelancaran transportasi selama kegiatan konstruksi berlangsung. Pada proyek jalan tol, pengelolaan lalu lintas menjadi sangat penting, mengingat pembangunan sering kali melibatkan pengalihan jalur, pembatasan akses, dan perubahan kondisi jalan yang dapat mengganggu aliran lalu lintas yang ada. Oleh karena itu, pengaturan ini mencakup penentuan zona kerja, pembatasan area yang digunakan untuk konstruksi, serta penyediaan jalur alternatif yang aman bagi kendaraan. Selain itu, pemasangan rambu-rambu lalu lintas, pembatas jalur, dan peralatan pengamanan lainnya seperti cone, water barriers, dan lampu peringatan (flashing lights) sangat diperlukan untuk menjaga keselamatan di area kerja, terutama pada

malam hari. Dengan demikian, manajemen lalu lintas yang baik pada proyek jalan tol tidak hanya menjamin kelancaran arus lalu lintas, tetapi juga meminimalkan risiko kecelakaan dan gangguan terhadap pengguna jalan.

Pada proyek ini, terdapat tiga titik akses kerja yang terletak pada STA 33+000, STA 33+500, dan STA 36+500. Masing-masing titik akses ini dirancang untuk memfasilitasi kelancaran operasional dan mobilisasi material serta peralatan menuju dan dari lokasi proyek. Akses kerja pada titik-titik tersebut memungkinkan pengaturan aliran lalu lintas yang efisien, baik untuk kendaraan proyek maupun kendaraan umum yang melintas, serta mempermudah proses pelaksanaan konstruksi yang memerlukan ruang yang cukup untuk kegiatan penggalian, pengurukan, dan pemasangan material. Pengaturan akses ini juga diharapkan dapat mengurangi gangguan terhadap pengguna jalan dan memastikan keselamatan di sekitar area kerja.

(Sumber : Jalan Akses Tol Probowangi PT Waskita)

Gambar 4. 11 Jalan Akses Kerja

4.1.2 Disposal

Disposal merupakan proses pembuangan material yang dihasilkan selama pelaksanaan pembangunan jalan, termasuk limbah konstruksi, material yang tidak terpakai, dan bahan berbahaya yang perlu dibuang dengan aman. Dalam proyek jalan, limbah dapat berasal dari berbagai sumber, seperti tanah galian, sisa material aspal, beton, dan material lainnya yang dihasilkan dari pekerjaan pengerukan, pengurukan, serta kegiatan konstruksi lainnya.

(Sumber : Rencana Disposal Area Tol Probowangi PT Waskita)

Gambar 4. 12 Disposal Area

4.2 Metode Pelaksanaan Proyek

Metode pelaksanaan pekerjaan adalah cara sistematis untuk menyelesaikan suatu pekerjaan dari awal hingga akhir, mencakup tahapan utama dan uraian cara kerja untuk setiap jenis pekerjaan. Ini adalah pedoman teknis yang memastikan pekerjaan diselesaikan dengan baik, sesuai rencana, dan dapat dipertanggungjawabkan.

4.2.1 Work Breakdown Structure (WBS)

Work Breakdown Structure (WBS) yang menggambarkan struktur rincian pekerjaan dalam proyek ini. WBS ini menyusun seluruh tahapan pekerjaan dan sub-tugas yang harus diselesaikan, yang digunakan untuk mempermudah perencanaan, pengorganisasian, dan pengendalian proyek. Untuk Detail WBS terlampir pada Lampiran No 1.

4.2.2 Motode Pelaksanaan

Pelaksanaan pekerjaan konstruksi dimulai dengan kegiatan galian untuk mencapai elevasi yang direncanakan, kemudian dilanjutkan dengan pekerjaan timbunan sebagai dasar bagi struktur di atasnya. Pekerjaan struktur *Box* seperti *Box* culvert, *Box* underpass, dan *Box* pedestrian dimulai beberapa hari setelah pekerjaan timbunan berjalan, sehingga pelaksanaannya dapat berlangsung secara paralel. Setelah timbunan mencapai elevasi dan kondisi yang rata, dilakukan pekerjaan berlapis mulai dari capping layer, *drainage layer*, *lean concrete*, hingga ke pekerjaan perkerasan akhir berupa *rigid pavement*. Sementara itu, pekerjaan jembatan dijadwalkan mulai pada minggu kedua pelaksanaan proyek, beriringan

dengan pekerjaan lainnya agar durasi proyek dapat dioptimalkan. Seluruh urutan ini disusun untuk memastikan efisiensi waktu dan kesinambungan antaritem pekerjaan.

4.2.3 Pekerjaan *At Grade*

Pekerjaan *at grade* dalam konteks konstruksi jalan tol merujuk pada bagian jalan yang dibangun sejajar dengan permukaan tanah, bukan melayang (*elevated*) atau di bawah permukaan (*underpass*).

4.2.3.1 Pembersihan Lahan

Pekerjaan pembersihan tempat kerja merupakan tahap awal dalam pelaksanaan proyek yang bertujuan untuk mempersiapkan area kerja agar bebas dari gangguan fisik dan vegetasi yang dapat menghambat proses konstruksi. Kegiatan ini meliputi pembersihan, pembongkaran, pengangkatan lapisan tanah permukaan yang tidak diperlukan, serta penghapusan tumbuhan dan puing-puing dari lokasi pekerjaan. Seluruh objek yang berada di atas permukaan tanah, seperti pohon, akar, tunggul, kayu lapuk, serta sampah dan rintangan lainnya yang tidak sesuai dengan peruntukan lokasi, harus dibersihkan atau dipindahkan sesuai ketentuan.

Selanjutnya, dilakukan pembersihan vegetasi dan objek permukaan lainnya. Penebangan pohon dilakukan secara manual jika diameter pohon di bawah 75 cm dan secara mekanis menggunakan alat berat seperti *Excavator* jika pohon berukuran besar atau dalam jumlah banyak. Akar dan tunggul dibongkar hingga bersih, kemudian hasil bongkaran diangkut ke luar area proyek menggunakan *Dump Truck* untuk dibuang ke lokasi disposal yang telah ditentukan.

Untuk area yang berada di bawah rencana timbunan badan jalan atau struktur, dilakukan pengupasan lapisan tanah atas (*top soil*) yang subur dan umumnya memiliki ketebalan hingga 30 cm. Lapisan ini dibuang atau dipadatkan tergantung kebutuhan teknis di lapangan. Kegiatan ini dikenal dengan istilah *clearing, grubbing, dan stripping*, dan dilaksanakan secara menyeluruh di seluruh area kerja yang akan dibangun.

Tabel 4. 1 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pembersihan Tempat Kerja

Alat	Material	Pekerja
- *Bulldozer* - *Excavator* - Dumpt Truck	-	- Mandor - Pekerja

Tabel 4.1 menunjukkan alat, material, dan pekerja yang digunakan pada pekerjaan pembersihan tempat kerja. Alat yang digunakan antara lain *Bulldozer*, *Excavator*, dan *Dump Truck*, sementara pekerja yang terlibat adalah mandor dan pekerja.

4.2.3.2 Pekerjaan Galian

Metode pelaksanaan yang dilakukan untuk pekerjaan galian adalah sebagai berikut:

a) Pengukuran Lokasi dan Penentuan Batas Area Kerja

Sebelum pekerjaan galian dimulai, dilakukan pengukuran area yang akan dikerjakan dengan menggunakan Total Station untuk memastikan akurasi lokasi batas galian dan timbunan sesuai dengan desain.

b) Pekerjaan Galian dengan *Excavator*

- Pekerjaan galian dilakukan dengan menggunakan *Excavator* yang akan menggali material tanah sesuai dengan kedalaman yang direncanakan.
- *Excavator* akan menggali tanah dan memuatnya ke dalam *Dump Truck* (DT), yang kemudian akan mengangkut material galian ke lokasi yang telah ditentukan untuk ditimbun atau dibuang.
- Penggalian dilakukan secara bertahap dengan menggunakan *Excavator* untuk menggali material tanah dari lokasi yang sudah diukur.

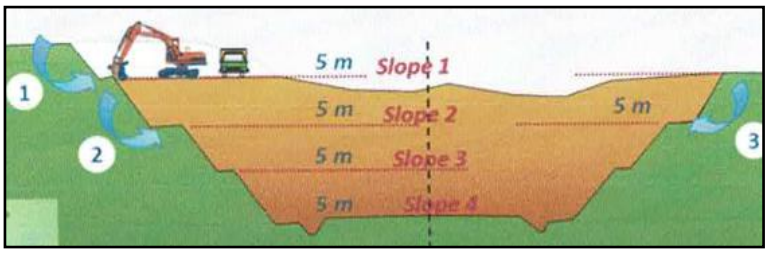
(Sumber : *Work Method Statement* PT Waskita)

Gambar 4. 13 Ilustrasi Proses Galian

c) Proses Galian

- Untuk galian dalam (*deep excavation*), pekerjaan dilakukan dengan menggali secara bertahap setiap 5 meter kedalaman. Setiap lapisan galian memiliki kemiringan tertentu (*slope*) untuk menjaga kestabilan tanah selama proses penggalian.

- Setiap kedalaman 5 meter, proses penggalian dilanjutkan dengan lapisan yang lebih dalam, sehingga total kedalaman yang digali dapat mencapai kedalaman desain sesuai dengan yang dibutuhkan.

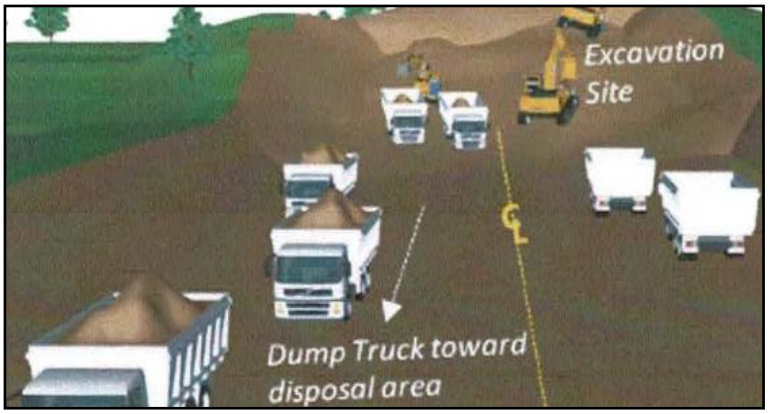


(Sumber : *Work Method Statement* PT Waskita)

Gambar 4. 14 Illustrasi Proses Galian Dalam

d) Pengangkutan Hasil Galian

- Setelah galian selesai, hasil galian akan dimasukkan ke dalam *Dump Truck* (DT) untuk diangkut menuju area timbunan atau disposal area.
- Apabila material galian akan digunakan kembali untuk timbunan, maka material tersebut akan diangkut dan ditimbun di area yang telah ditentukan.
- Jika material galian tidak dapat digunakan dan harus dibuang, maka akan diarahkan ke disposal area sesuai dengan aturan yang berlaku.



(Sumber : *Work Method Statement* PT Waskita)

Gambar 4. 15 Illustrasi Proses Pengangkutan Hasil Galian

Tabel 4. 2 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Galian

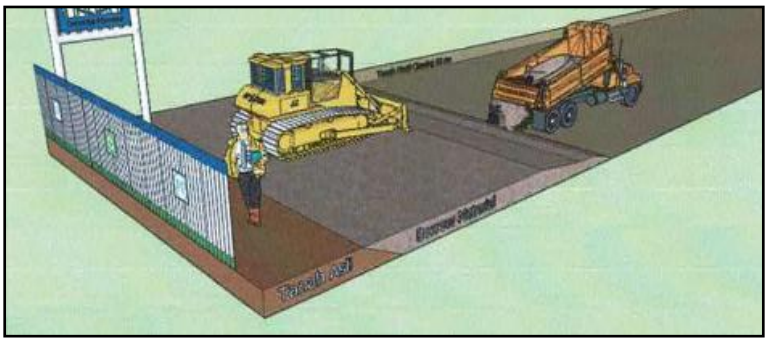
Alat	Material	Pekerja
- *Excavator* - Dumpt Truck	-	- Mandor - Pekerja

Tabel 4.2 menunjukkan alat, material, dan pekerja yang digunakan pada pekerjaan galian. Alat yang digunakan meliputi *Excavator* dan *Dump Truck*, sementara pekerja yang terlibat adalah mandor dan pekerja.

4.2.3.3 Pekerjaan Timbunan

Metode pelaksanaan yang dilakukan untuk pekerjaan timbunan adalah sebagai berikut:

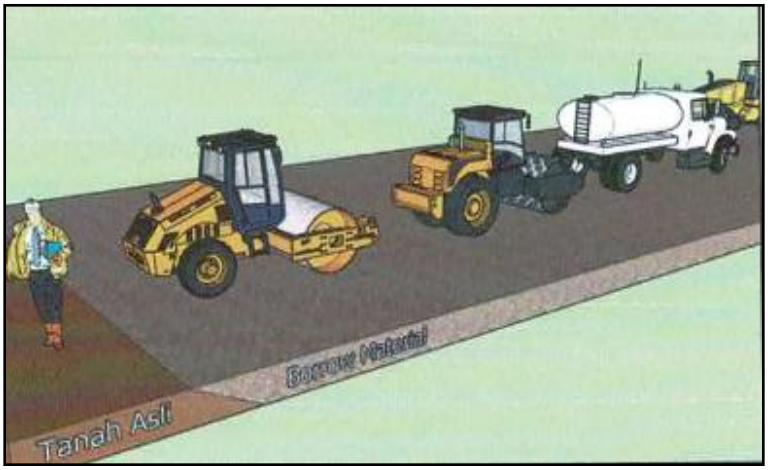
a) Penghamparan Tanah Timbunan
   - Penghamparan material timbunan dilakukan secara bertahap dengan ketebalan *loose layer* per lapisan antara 10 cm hingga 20 cm.
   - Proses penghamparan ini dilakukan menggunakan *Bulldozer*, yang memastikan bahwa material timbunan tersebar rata dan memenuhi persyaratan ketebalan yang ditentukan berdasarkan hasil trial compaction.



(Sumber : *Work Method Statement* PT Waskita)

Gambar 4. 16 Illustrasi Proses Penghamparan Tanah

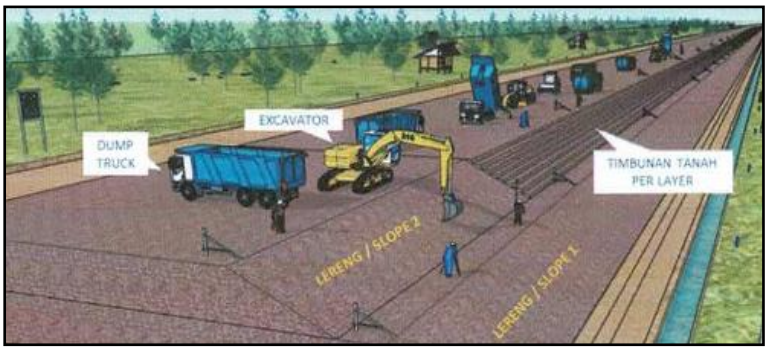
b) Pemadatan Tanah Timbunan
   - Setelah penghamparan selesai, material timbunan dipadatkan dengan ketebalan padat per layer sekitar 20 cm.
   - Pemadatan dilakukan dengan menggunakan alat berat seperti Sheep Foot dan Vibratory Roller. Alat ini digunakan untuk memastikan bahwa tanah timbunan mencapai kepadatan yang optimal.
   - Selama proses pemadatan, dilakukan penyiraman air menggunakan *Water Tank Truck* untuk menjaga kadar air tanah pada tingkat optimum agar pemadatan berjalan efektif.
   - Semua proses pemadatan ini diawasi oleh tim pelaksana, konsultasi pengawas, tim safety, dan tim quality.



(Sumber : *Work Method Statement* PT Waskita)

Gambar 4. 17 Illustrasi Proses Pemadatan Tanah

- Pada bagian tepi timbunan, pemadatan dilakukan dengan tambahan material minimal 50cm untuk memastikan bahwa tepi timbunan dapat terpadatkan dengan baik.
- Kelebihan timbunan yang ada di tepi dikupas saat proses pembentukan *slope* menggunakan *Excavator* sehingga penampang timbunan dapat disesuaikan dengan gambar kerja yang ada.



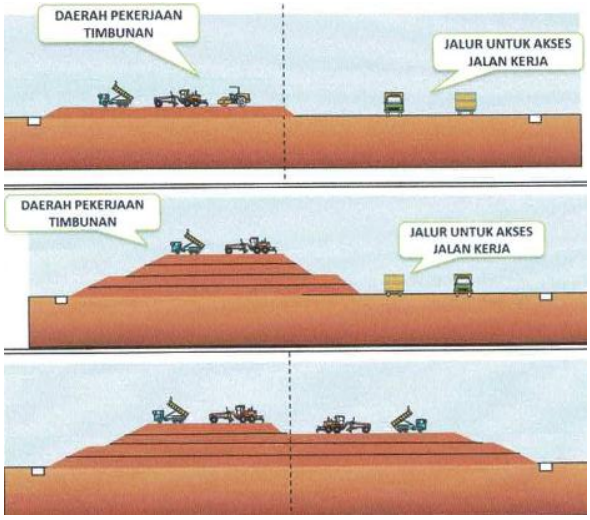
(Sumber : *Work Method Statement* PT Waskita)

Gambar 4. 18 Illustrasi Proses Penghamparan Tepi Timbunan

c) Urutan Metode Kerja Timbunan

- Pekerjaan timbunan akan dilakukan pada bagian sebelah kiri dan kanan, dengan penggunaan area tersebut untuk jalur akses alat dan kendaraan atau sebaliknya.
- Sebuah lereng dibuat pada setiap layer akhir timbunan untuk memudahkan pemadatan, khususnya pada jalur sebelah kanan yang akan dikerjakan.

- Perbedaan tinggi yang diperbolehkan adalah setinggi satu *slope* (5 meter). Setelah ketinggian pada sisi kiri mencapai 5 meter, pekerjaan dilanjutkan dengan bidang kanan hingga mencapai level yang telah ditentukan.



(Sumber : *Work Method Statement* PT Waskita)

Gambar 4. 19 Illustrasi Proses Pelaksanaan Pekerjaan Timbunan

Tabel 4. 3 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Timbunan

Alat	Material	Pekerja
- *Excavator* - Dumpt Truck	- Tanah Biasa	- Mandor - Pekerja

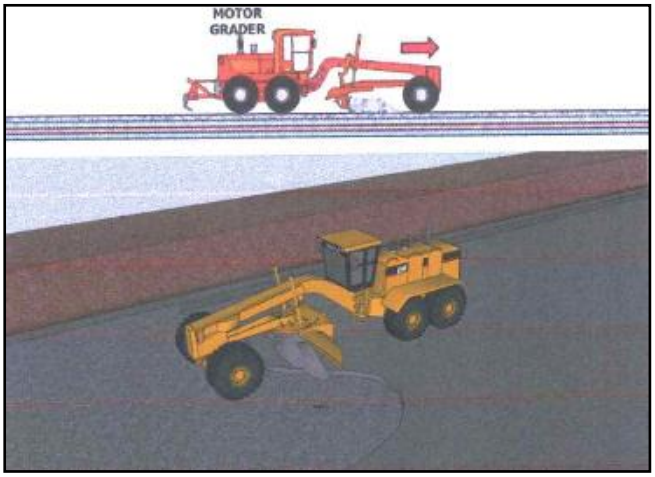
Tabel 4.3 menunjukkan alat, material, dan pekerja yang digunakan pada pekerjaan timbunan. Alat yang digunakan adalah *Excavator* dan *Dump Truck*, dengan material tanah biasa, sementara pekerja yang terlibat adalah mandor dan pekerja.

4.2.3.4 Pekerjaan Lapis Separator/*Capping Layer*

Metode pelaksanaan yang dilakukan untuk pekerjaan lapis separator adalah sebagai berikut:

a) Penghamparan *Capping layer*

Perataan dan penghamparan material agregat dilakukan menggunakan bantuan alat *Motor Grader*, dengan tetap mengacu pada elevasi dan kemiringan sesuai dengan *shop drawing*. Setelah material diratakan, agregat disiram menggunakan *Water Tank* untuk menjaga kadar air agar tetap optimum selama proses pemadatan berlangsung. Tahapan ini sangat penting untuk memastikan kualitas dan kepadatan agregat terpenuhi sesuai standar teknis yang dipersyaratkan.

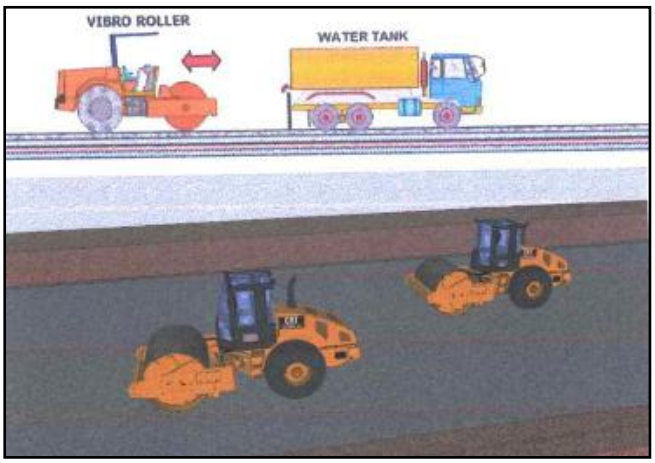


(Sumber : *Work Method Statement* PT Waskita)

Gambar 4. 20 Ilustrasi Proses Penghamparan Material *Capping layer*

b) Pemadatan *Capping layer*

Setelah agregat diratakan menggunakan *Motor Grader* dan disiram air dengan *Water Tank*, dilakukan proses pemadatan memakai vibro roller hingga mencapai tingkat kepadatan minimal 100%. Jumlah lintasan vibro roller disesuaikan berdasarkan hasil uji coba pemadatan (*trial compaction*) yang telah dilakukan sebelumnya. Selama kegiatan ini berlangsung, tim pekerja akan merapikan bagian tepi dan meratakan permukaan dengan bantuan alat sederhana. Penyiraman agregat dengan *Water Tank* dilakukan secara rutin hingga pekerjaan pada lapisan pondasi agregat selanjutnya dimulai.



(Sumber : *Work Method Statement* PT Waskita)

Gambar 4. 21 Ilustrasi Proses Pemadatan Material *Capping layer*

Tabel 4. 4 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan *Capping layer*

Alat	Material	Pekerja
- *Dump Truck* - *Motor Grader* - Sheepfoot Roller - Vibrator Roller - *Water Tank*	- *Capping layer*	- Mandor - Pekerja

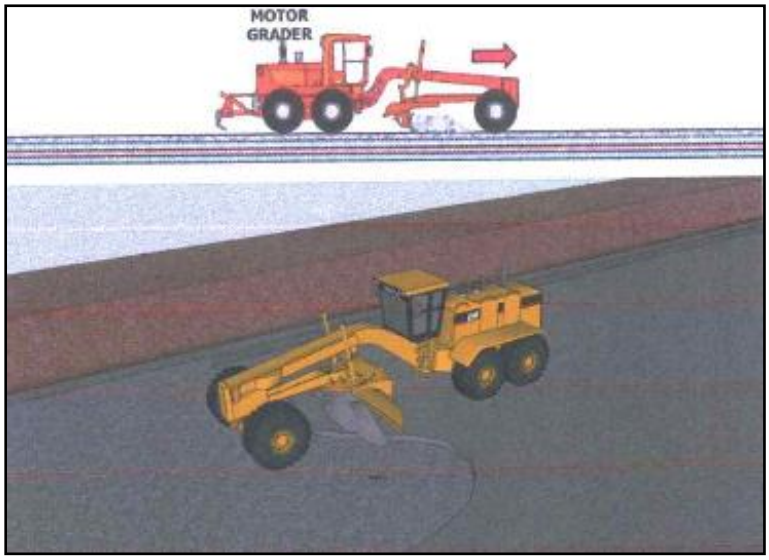
Tabel 4.4 menunjukkan alat, material, dan pekerja yang digunakan pada pekerjaan *capping layer*. Alat yang digunakan meliputi *Dump Truck*, *Motor Grader*, dan sheepfoot roller, dengan material *capping layer*, sementara pekerja yang terlibat adalah mandor dan pekerja.

4.2.3.5 Pekerjaan Lapis Drainase/*Drainage layer*

Metode pelaksanaan yang dilakukan untuk pekerjaan lapis drainase adalah sebagai berikut:

a) Penghamparan *Drainage layer*

b) Sebelum dilakukan penghamparan agregat, permukaan tanah yang telah ditimbun dan diratakan terlebih dahulu dilapisi dengan material geotekstil. Pelapisan ini mengikuti dimensi dan luasan penampang sesuai desain perencanaan.Setelah pemasangan geotekstil selesai, agregat kemudian dihamparkan secara merata di atas permukaan geotekstil, mengikuti luasan dan ketebalan lapisan sesuai perencanaan teknis.

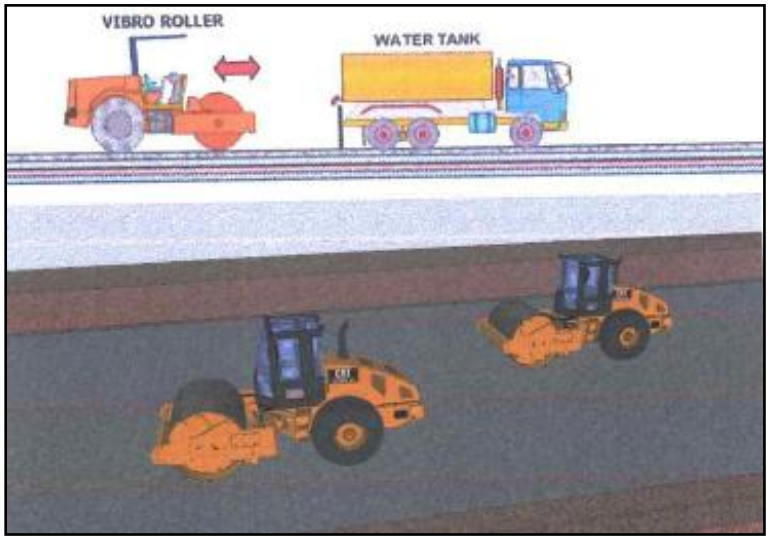


(Sumber : *Work Method Statement* PT Waskita)

Gambar 4. 22 Ilustrasi Proses Penghamparan Material *Drainage layer*

c) Pemadatan *Drainage layer*

Setelah proses penghamparan agregat selesai dilakukan, tahapan berikutnya adalah pemadatan. Pemadatan ini dilaksanakan dengan menggunakan alat *vibrator roller* hingga ketebalan lapisan *drainage layer* yang ditentukan tercapai, sesuai dengan gambar kerja yang telah ditetapkan.



(Sumber : *Work Method Statement* PT Waskita)

Gambar 4. 23 Ilustrasi Proses Pemadatan Material *Drainage layer*

Tabel 4. 5 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan *Drainage layer*

Alat	Material	Pekerja
- *Dump Truck* - *Motor Grader* - Sheepfoot Roller - Vibrator Roller - *Water Tank*	- *Drainage layer*	- Mandor - Pekerja

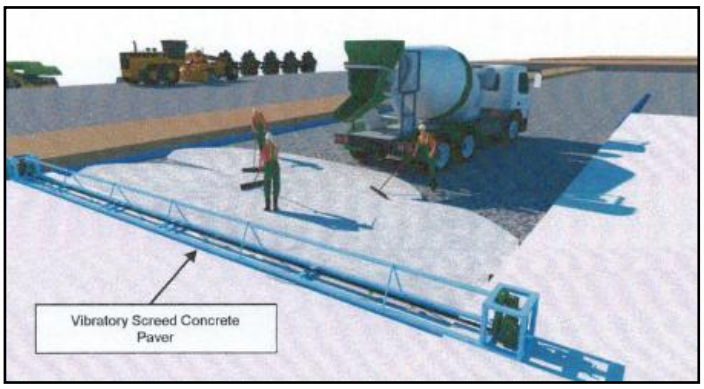
Tabel 4.5 menunjukkan alat, material, dan pekerja yang digunakan pada pekerjaan *drainage layer*. Alat yang digunakan meliputi *Dump Truck*, *Motor Grader*, sheepfoot roller, vibrator roller, dan *Water Tank*, dengan material *drainage layer*, sementara pekerja yang terlibat adalah mandor dan pekerja.

4.2.3.6 Pekerjaan Lantai Kerja / *Lean concrete*

Lantai kerja untuk pekerjaan *rigid pavement* tidak termasuk dalam struktur, namun tetap wajib dilaksanakan sebelum pengecoran beton utama (*rigid*). Fungsinya adalah sebagai

lapisan kerja untuk mencegah air meresap ke tanah di bawahnya. Berikut ini tahapan-tahapan pekerjaan *lean concrete*:

1. Dilakukan penandaan batas area serta ketebalan *lean concrete* di lokasi pekerjaan.
2. Bekisting samping dipasang menggunakan material yang kokoh.
3. Adukan beton dituangkan ke area kerja, lalu diratakan oleh tim menggunakan alat finishing hingga permukaan beton rata.
4. Pengecoran dilakukan menggunakan alat *Vibratory Concrete* agar hasil akhir merata, padat, dan sesuai dengan desain yang ditentukan secara efisien.
5. Setelah beton mulai mengeras, dilakukan proses curing dengan cara menyiram air ke permukaan *lean concrete* untuk menjaga kelembapan dan mencegah retak dini.



(Sumber : *Work Method Statement* PT Waskita)

Gambar 4. 24 Proses Pengecoran *Lean concrete Main Road*

Tabel 4. 6 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pengecoran *Lean concrete Main Road*

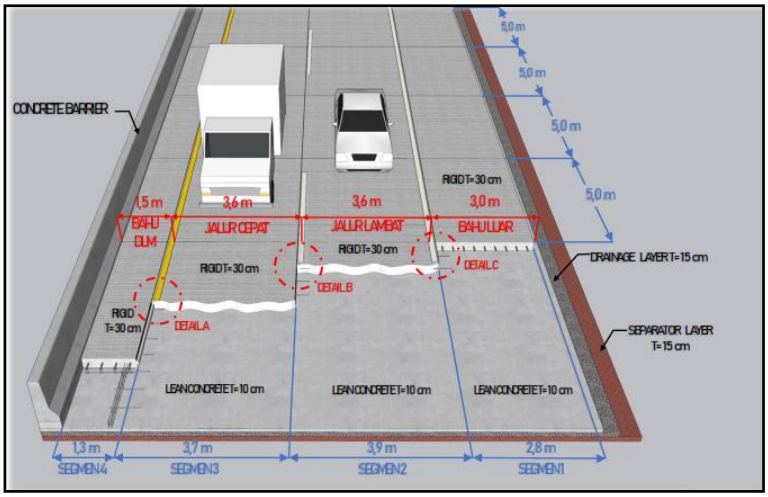
Alat	Material	Pekerja
- Vibrator Concrete	- Beton Kelas E	- Mandor - Pekerja

Tabel 4.6 menunjukkan alat, material, dan pekerja yang digunakan pada pekerjaan pengecoran *lean concrete* di jalan utama. Alat yang digunakan adalah vibrator concrete, dengan material beton kelas E, sementara pekerja yang terlibat adalah mandor dan pekerja.

4.2.3.7 Pekerjaan Perkerasan Beton Semen / *Rigid pavement*

Pekerjaan *rigid pavement* adalah salah satu metode konstruksi jalan yang menggunakan beton sebagai bahan utama perkerasan. Jenis perkerasan ini memiliki ketahanan yang tinggi terhadap beban lalu lintas berat, perubahan suhu, dan keausan. Karena itu, *rigid pavement* sering digunakan pada jalan tol atau jalan-jalan dengan volume lalu lintas tinggi dan

beban kendaraan berat. Berikut ini adalah tahapan metode pelaksanaan pekerjaan *rigid pavement* secara sistematis.

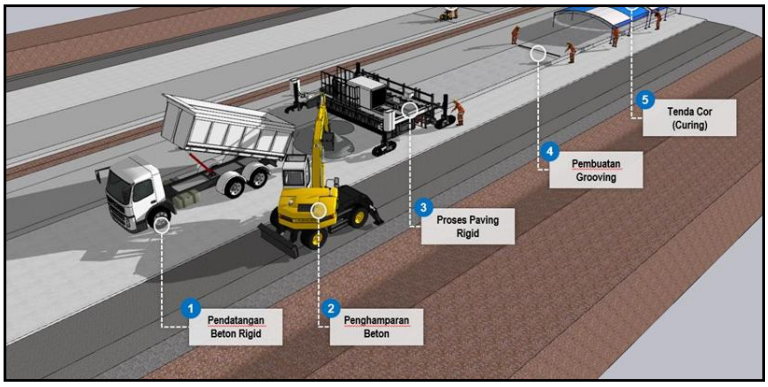


(Sumber : *Work Method Statement* PT Waskita)

Gambar 4. 25 Detail *Main Road*

a. Pemasangan *string line* sebagai acuan ketinggian dan arah pengecoran beton. Pemasangan dilakukan secara kencang dan presisi mengikuti elevasi rencana.
b. Pemasangan plastik cor (*plastic sheet*) pada seluruh permukaan lantai kerja, bertujuan untuk mencegah kehilangan kelembaban dari beton serta sebagai pemisah antara beton dan tanah dasar.
c. Perencanaan waktu pengecoran berdasarkan pertimbangan suhu beton dan suhu lingkungan guna meminimalkan risiko terjadinya thermal cracking.
d. Pengujian slump beton di lapangan, untuk memastikan konsistensi dan workability beton sesuai spesifikasi. Nilai slump maksimum yang diperbolehkan adalah 4 cm.
e. Proses loading pengangkutan material beton oleh truck mixer ke lokasi pengecoran.
f. Penuangan beton dilakukan dengan bantuan *Dump Truck* atau *Excavator*, kemudian diratakan secara manual atau menggunakan alat berat.
g. Penghamparan beton menggunakan alat *Slipform Concrete Paver* yang secara bersamaan juga melakukan proses pemadatan dan pembentukan permukaan.
h. Pemasangan dowel bar dan tie bar dilakukan secara otomatis oleh mesin paver. Pemasangan ini berfungsi sebagai pengikat antar panel beton dan menahan pergerakan horizontal akibat beban lalu lintas.
i. Finishing permukaan beton dilakukan oleh tenaga kerja menggunakan alat screed untuk menghasilkan permukaan yang halus dan rata.
j. Pekerjaan *grooving*, yaitu pembentukan alur pada permukaan beton untuk meningkatkan nilai friksi dan menghindari aquaplaning. *Grooving* dilakukan setelah

beton mencapai kekasaran tertentu (±1 jam setelah penghamparan), dengan kedalaman dan jarak antar alur sesuai spesifikasi teknis.



(Sumber : *Work Method Statement* PT Waskita)

Gambar 4. 26 Ilustrasi Pekerjaan Pengecoran *Rigid pavement*

Tabel 4. 7 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pengecoran *Rigid pavement* Main Road

Alat	Material	Pekerja
- *Excavator* - *Slipform Concrete Paver*	- Beton Kelas P	- Mandor - Pekerja

Tabel 4.7 menunjukkan alat, material, dan pekerja yang digunakan pada pekerjaan pengecoran *rigid pavement* pada jalan utama. Alat yang digunakan meliputi *Excavator* dan *Slipform Concrete Paver*, sementara material yang digunakan adalah beton kelas P. Pekerja yang terlibat dalam pekerjaan ini adalah mandor dan pekerja.

4.2.4 Pekerjaan *Box* (BC, BUP, BP)

Box culvert, Box underpass, dan *Box pedestrian* merupakan struktur beton bertulang berbentuk kotak yang digunakan pada proyek jalan tol dengan fungsi yang berbeda sesuai kebutuhan di lapangan. *Box culvert* berfungsi sebagai saluran air bawah tanah yang mengalirkan drainase, aliran sungai kecil, atau air hujan melintasi badan jalan tol tanpa mengganggu struktur jalan di atasnya. Sementara itu, *Box underpass* digunakan sebagai jalur lalu lintas kendaraan di bawah jalan tol, umumnya untuk kendaraan lokal seperti kendaraan pertanian atau antar permukiman, sehingga tidak mengganggu arus kendaraan di jalan tol utama dan tetap menjaga konektivitas antar wilayah. Adapun *Box pedestrian* memiliki fungsi sebagai jalur lintasan pejalan kaki atau pesepeda di bawah jalan tol, memberikan akses yang aman dan terpisah dari kendaraan bermotor serta mencegah pejalan kaki melintas langsung di atas badan

tol yang berisiko tinggi. Ketiga struktur ini dirancang untuk memenuhi kebutuhan keselamatan, kelancaran lalu lintas, dan keberlanjutan fungsi jalan di lingkungan sekitar trase tol.

4.2.4.1 Pekerjaan Lantai Kerja / *Lean concrete*

Pekerjaan *lean concrete* merupakan bagian penting dari sistem pondasi perkerasan jalan dan harus dilaksanakan secara presisi. Adapun tahapan-tahapan pelaksanaan pekerjaan LC adalah sebagai berikut:

a. Pengukuran Elevasi Area Pengecoran

   Pengukuran elevasi dilakukan dengan menggunakan alat total station untuk memastikan kesesuaian dengan elevasi pada gambar kerja. Langkah ini penting untuk menjamin ketebalan *lean concrete* yang seragam dan akurat.

b. Pengujian *Slump* dan Pembuatan Benda Uji

   Sebelum pengecoran, dilakukan uji slump di lapangan guna memastikan nilai slump berada dalam rentang yang ditentukan. Selanjutnya, dilakukan pengambilan sampel untuk pembuatan benda uji sebagai bagian dari pengendalian mutu (*quality control*).

c. Pengecoran Beton *Lean concrete*

   Beton dituangkan langsung ke area kerja yang telah disiapkan, tanpa penggunaan bekisting, karena fungsi LC hanya sebagai blinding layer. Pengecoran dilakukan secara merata sesuai ketebalan rencana, yaitu 10 cm.

d. Perataan Permukaan

   Proses perataan dilakukan secara manual menggunakan alat bantu seperti jidar atau silinder baja. Pelaksanaan harus hati-hati agar tidak merusak permukaan beton segar.

e. Pemeriksaan Kerataan

   Setelah perataan selesai, dilakukan pemeriksaan kerataan permukaan LC untuk memastikan kesesuaian dengan toleransi elevasi yang disyaratkan dalam spesifikasi teknis.

(Sumber : *Work Method Statement* PT Waskita)

Gambar 4. 27 Pekerjaan *Lean concrete* pada *Box*

Tabel 4. 8 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pengecoran *Lean concrete* Pada *Box*

Alat	Material	Pekerja
- Vibrator Concrete	- Beton Kelas E	- Mandor - Pekerja

Tabel 4.8 menunjukkan alat, material, dan pekerja yang digunakan pada pekerjaan pengecoran *lean concrete* pada *Box*. Alat yang digunakan adalah *vibrator concrete*, dengan material beton kelas E, sementara pekerja yang terlibat adalah mandor dan pekerja.

4.2.4.2 Pekerjaan Pembesian Badan *Box* dan Wingwall

Pekerjaan pembesian merupakan tahapan krusial dalam pembangunan struktur *Box culvert,* karena berfungsi sebagai tulangan untuk menahan beban tekan, tarik, dan lentur dari struktur yang bekerja. Proses ini dilaksanakan berdasarkan gambar kerja dan spesifikasi teknis. Adapun metode pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

a. Pemotongan dan Pembengkokan Tulangan

   Tulangan dipotong sesuai dengan panjang rencana yang tertera dalam gambar kerja, menggunakan alat pemotong besi yang sesuai (*reBar Cutter*). Proses pembengkokan dilakukan dengan alat *Bar Bender* mengikuti detail bentuk dan dimensi radius lentur sesuai rencana pembesian.

b. Pemasangan Tulangan

   Tulangan disusun dan dirakit menggunakan kawat bendrat dengan metode ikat simpul *(tie wire)*. Pemasangan dilakukan secara bertahap sesuai urutan: lantai,

dinding samping, lalu atap *(top slab).* Jarak antar tulangan dan posisi cover beton dijaga dengan menggunakan spacer dan concrete cover block.

Tabel 4. 9 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pembesian pada *Box* dan *Wing Wall*

Alat	Material	Pekerja
- *Bar Cutter* - *Bar Bender*	- BJTS 520	- Mandor - Tukang Besi - Pekerja

Tabel 4.9 menunjukkan alat, material, dan pekerja yang digunakan pada pekerjaan pembesian pada *Box* dan *Wing Wall*. Alat yang digunakan adalah *Bar Cutter* dan *Bar Bender*, dengan material BJTS 520, sementara pekerja yang terlibat adalah mandor, tukang besi, dan pekerja.

4.2.4.3 Pekerjaan Pemasangan Bekisting dan *Scaffolding* Pada Badan *Box* dan *Wingwall*

Bekisting pada badan *Box* dipasang dengan rapi dan presisi, kemudian dipastikan bahwa struktur bekisting tersebut telah diperkuat dengan baik agar mampu menahan tekanan beton saat pengecoran. Selanjutnya dilakukan pemeriksaan terhadap kerapatan bekisting guna menghindari potensi kebocoran. Untuk menambah kestabilan, dipasang perancah atau bracing yang mendukung bagian bawah bekisting. Selain itu, dilakukan juga pemasangan stop cor yang berfungsi mencegah kebocoran air atau rembesan pada sambungan pengecoran dan pemasangan *scaffolding* dilakukan untuk mendukung pekerjaan pada area dengan elevasi tinggi, serta menjamin keselamatan dan akses kerja. Tahapan pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

a. Pemasangan *Jack Base*

   Komponen *jack base* dipasang sebagai fondasi awal *scaffolding*. Elemen ini memungkinkan penyesuaian tinggi secara presisi di atas base plate, guna menjamin kestabilan keseluruhan sistem.

b. Pemasangan *Main Frame*

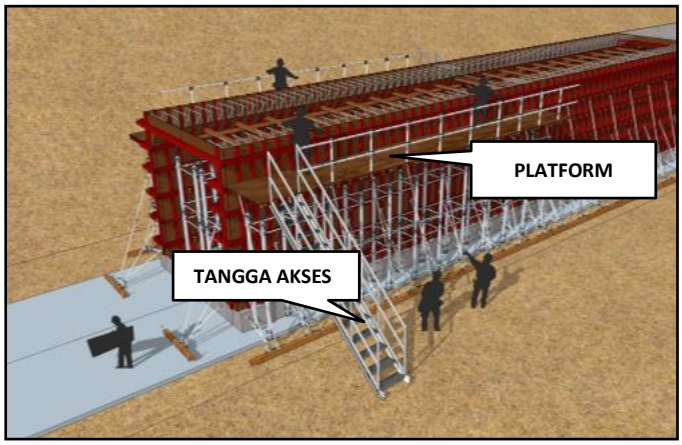
   Main frame yang telah dirakit sebelumnya dengan *cross-brace* dimasukkan ke dalam *jack base.* Struktur ini membentuk rangka utama *scaffolding* vertikal yang siap ditingkatkan sesuai ketinggian pekerjaan.

c. Pemasangan Tangga Akses dan *Railing Safety*

   Untuk menjamin keselamatan pekerja, tangga akses dipasang pada posisi strategis, dilengkapi dengan sistem pelindung *(railing)* pada sisi-sisi luar untuk mencegah kecelakaan kerja di ketinggian.

d. Pemasangan Platform Kerja

Platform atau dek kerja dipasang pada elevasi yang diperlukan agar pekerja dapat melakukan aktivitas konstruksi secara efisien dan aman di atas permukaan yang stabil.



(Sumber : *Work Method Statement* PT Waskita)

Gambar 4. 28 Ilustrasi Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Box*

Tabel 4. 10 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pemasangan Bekisting pada *Box* dan *Wing Wall*

Alat	Material	Pekerja
-	- Bekisting Multipleks	- Mandor - Tukang Kayu - Pekerja

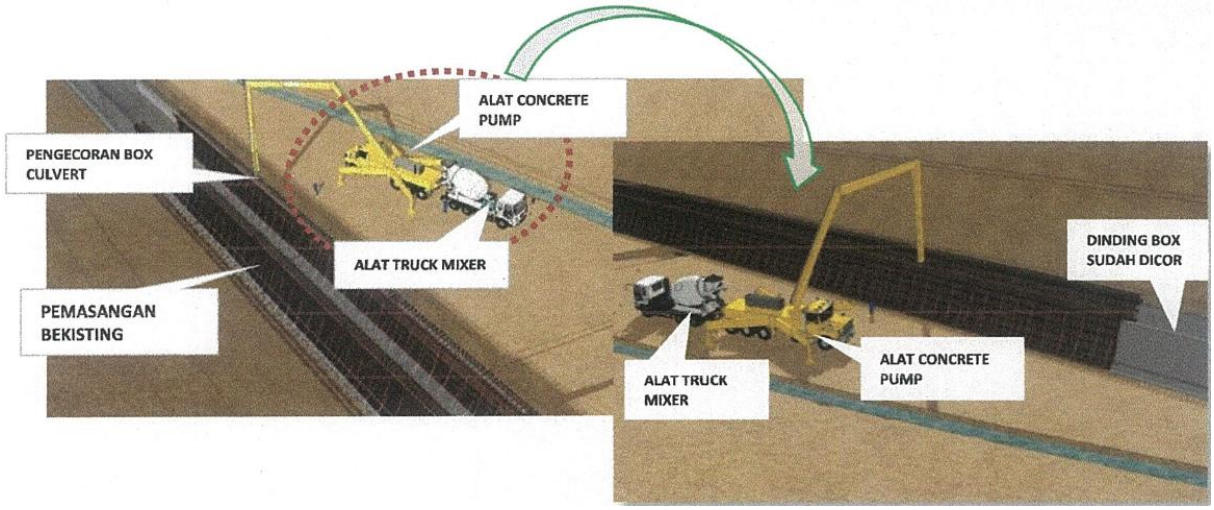
Tabel 4.10 menunjukkan alat, material, dan pekerja yang digunakan pada Pekerjaan Pemasangan Bekisting pada *box* dan *wing wall*. Material yang digunakan adalah bekisting multipleks, sementara pekerja yang terlibat adalah mandor, tukang kayu, dan pekerja.

4.2.4.4 Pekerjaan Pengecoran Badan *Box* dan WingWall

Seluruh peralatan yang diperlukan untuk pelaksanaan pengecoran, seperti *Concrete Vibrator*, *Concrete Pump*, *truck mixer*, jidar, cangkul, pukul karet, sendok beton, dan perlengkapan manual lainnya, dipersiapkan terlebih dahulu sebelum kegiatan dimulai. Pekerjaan pengecoran diawali dengan pengujian slump beton di lapangan serta pembuatan benda uji berbentuk silinder guna memastikan mutu beton sesuai spesifikasi. Selanjutnya, beton dituang dari *truck mixer* melalui *Concrete Pump* menuju area pengecoran. Proses perataan dilakukan secara manual menggunakan cangkul dan sendok beton, kemudian dilakukan pemadatan dengan menggunakan *Concrete Vibrator*. Setelah permukaan beton diratakan,

dilakukan pemeriksaan kerataan menggunakan jidar untuk memastikan hasil akhir yang rata dan sesuai elevasi.

Pengecoran dilaksanakan secara bertahap dalam bentuk segmen, dengan penempatan *truck mixer* tetap berada di luar area bekisting selama proses berlangsung untuk menjaga kestabilan struktur bekisting dan memudahkan mobilisasi alat berat.



(Sumber : *Work Method Statement* PT Waskita)

Gambar 4. 29 Ilustrasi Proses Pengecoran *Box*

Tabel 4. 11 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pengecoran pada *Box* dan *Wing Wall*

Alat	Material	Pekerja
- *Concrete Pump* - Vibrator Concrete	- Beton Kelas C	- Mandor - Pekerja

Tabel 4.11 menunjukkan alat, material, dan pekerja yang digunakan pada pekerjaan pengecoran pada *box* dan *wing wall*. Alat yang digunakan adalah *Concrete Pump* dan vibrator concrete, dengan material beton kelas C, sementara pekerja yang terlibat adalah mandor dan pekerja.

4.2.5 Pekerjaan Jembatan

Jembatan adalah struktur utama dalam suatu sistem jalan yang berfungsi untuk menghubungkan jalur yang terputus akibat keberadaan sungai, lembah, atau jalan lain yang memiliki perbedaan elevasi dan melintas di bawah konstruksi tersebut. Dalam proyek Jalan Tol Probowangi Paket 3B, khususnya di Zona 2, terdapat lima jembatan dengan panjang bentang yang bervariasi namun memiliki tipikal desain yang serupa, yaitu menggunakan balok prategang tipe PCI-Girder. Pelaksanaan konstruksi struktur jembatan ini mengikuti metode kerja yang telah ditetapkan sesuai dengan karakteristik desain tersebut.

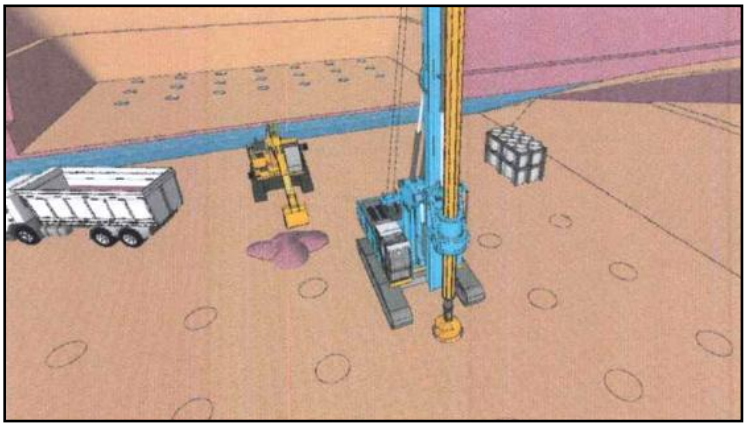
4.2.5.1 Pekerjaan Pondasi *Boredpile*

Pekerjaan pondasi *borepile* mencakup seluruh proses mulai dari pengadaan material, pemasangan tulangan, penyediaan dan pengecoran beton, hingga perawatan beton sesuai dengan gambar teknis dan dokumen kontrak. Pelaksanaan pondasi *borepile* diawali dengan penentuan titik koordinat di lapangan, kemudian dilakukan pengeboran tiang beton tipe cast-in-place dengan diameter 80 cm. Jumlah *borepile* yang akan dikerjakan adalah sebanyak 68 titik pada Abutment 1 dan 68 titik pada Abutment 2, dengan masing-masing titik memiliki panjang 19 meter. Adapun tahapan pekerjaan sebagai berikut :

a. Pekerjaan Pengeboran

   Sebelum memulai pekerjaan pengeboran, sangat penting untuk merencanakan alur dan urutan pengeboran secara sistematis agar pergerakan alat berat di lapangan dapat dilakukan tanpa hambatan. Proses pengeboran dilakukan secara bertahap, di mana tanah dibor hingga bucket penuh, kemudian bucket diangkat dan tanah dibuang di area yang telah disiapkan di sekitar alat. Setelah itu, bucket dimasukkan kembali untuk melanjutkan proses pengeboran berikutnya.

   Kedalaman pengeboran dapat dipantau melalui monitor yang tersedia di ruang kontrol operator. Untuk memastikan akurasi kedalaman lubang bor, dilakukan pengukuran menggunakan measuring tape yang diturunkan hingga mencapai dasar lubang bor. Pada ujung measuring tape dipasang pemberat (*plumb bob*) dengan massa yang cukup, agar alat ukur dapat menjangkau dasar bore hole secara presisi dan vertikal.



(Sumber : *Work Method Statement* PT Waskita)

Gambar 4. 30 Ilustrasi Proses Pengeboran *Borepile*

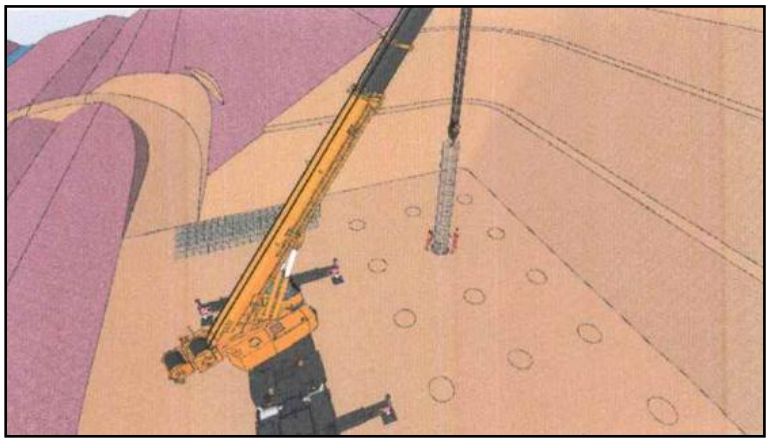
Tabel 4. 12 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pengeboran pada *Borepile*

Alat	Material	Pekerja
- Borepile Machine		- Mandor - Pekerja

Tabel 4.12 menunjukkan bahwa pekerjaan pengeboran *borepile* menggunakan alat utama berupa *borepile machine*, dengan tenaga kerja yang terdiri dari mandor dan pekerja. Tidak terdapat material khusus yang tercantum pada pekerjaan ini.

b. Pemasangan Besi *Borepile*

Proses selanjutnya adalah menurunkan rangkaian tulangan baja yang telah dirakit sebelumnya ke dalam lubang bor. Sebelum pemasangan, perlu dipastikan bahwa beton decking telah terpasang secara merata di sekeliling tulangan *borepile*. Fungsi dari beton decking ini adalah untuk menjaga posisi tulangan tetap berada di tengah dan menghindari terjadinya beton keropos akibat kontak langsung antara tulangan dan dinding lubang bor.



(Sumber : *Work Method Statement* PT Waskita)

Gambar 4. 31 Ilustrasi Pemasangan Tulangan Pada *Borepile*

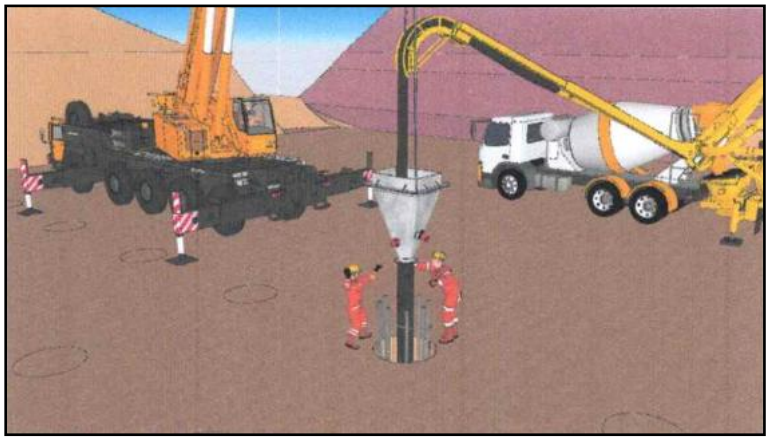
Tabel 4. 13 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pembesian pada Borepile

Alat	Material	Pekerja
- Crawl Crane - *Bar Bender* - *Bar Cutter*	- BJTS 520	- Mandor - Tukang Besi - Pekerja

Tabel 4.13 memperlihatkan bahwa dalam pekerjaan pembesian pada *borepile* digunakan alat berupa *crawl crane*, *Bar Bender*, dan *Bar Cutter*. Material utama yang digunakan adalah BJTS 520. Tenaga kerja yang terlibat meliputi mandor, tukang besi, dan pekerja.

c. Pengecoran *Borepile*

Tahapan selanjutnya adalah proses pengecoran beton, yang dilakukan dengan menggunakan alat bantu berupa concrete bucket dan pipa tremie sebagai media penyalur beton ke dalam lubang bor. Selama pengecoran berlangsung, pipa tremie harus secara berkala diangkat sebagian, dengan tetap menjaga agar ujung pipa selalu berada di dalam massa beton segar. Hal ini bertujuan untuk mencegah tercampurnya air tanah dengan beton cor, yang dapat menurunkan mutu beton dan menyebabkan segregasi material.



(Sumber : *Work Method Statement* PT Waskita)

Gambar 4. 32 Ilustrasi Proses Pengecoran *Borepile*

Tabel 4. 14 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pengecoran pada Borepile

Alat	Material	Pekerja
- Crawl Crane - Pipa Termie	- Beton Kelas B	- Mandor - Pekerja

Tabel 4.14 menunjukkan bahwa pada pekerjaan pengecoran *borepile* digunakan alat berupa *crawl crane* dan pipa termie. Material yang digunakan adalah beton kelas B. Adapun tenaga kerja yang terlibat terdiri dari mandor dan pekerja lapangan.

d. Pembobokan *Borepile*

Pekerjaan pembobokan dilaksanakan menggunakan alat mekanis seperti jack hammer, dimulai dari bagian pinggir menuju tengah secara hati-hati agar tidak merusak tulangan. Setelah beton bagian atas terlepas, area permukaan borepile dibersihkan dari sisa-sisa beton dan debu menggunakan sikat kawat dan air bertekanan. Pekerjaan ini dilakukan setelah beton cukup umur dan mengeras sempurna, biasanya setelah 3 hari, untuk menjamin kekuatan beton.

Tabel 4. 15 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pembobokan pada Borepile

Alat	Material	Pekerja
- Jack Hammer	-	- Mandor - Pekerja

Tabel 4.15 menunjukkan bahwa pada pekerjaan pembobokan *borepile* digunakan alat berupa *Jack Hammer*. Adapun tenaga kerja yang terlibat terdiri dari mandor dan pekerja lapangan.

4.2.5.2 Pekerjaan *Pile Cap*

Pekerjaan *pile cap* pada jembatan merupakan bagian dari konstruksi yang berfungsi untuk menyalurkan beban dari struktur atas jembatan secara merata ke pondasi *borepile*. Proses ini diawali dengan pembuatan *lean concrete* sebagai lantai kerja, dilanjutkan dengan pemasangan tulangan (pembesian), pemasangan bekisting, dan diakhiri dengan pengecoran menggunakan bantuan alat berat berupa *Concrete Pump* seperti tahapan sebagai berikut :

a. Pekerjaan *Lean concrete*

Pekerjaan *lean concrete* merupakan salah satu tahapan penting dalam proses pembangunan pondasi, yang berfungsi sebagai lantai kerja atau lapisan beton yang dibangun di dasar galian tanah sebelum pelaksanaan pekerjaan *Pilecap*. *Lean concrete* memberikan permukaan kerja yang stabil, merata, dan bersih untuk pekerjaan struktural berikutnya. Metode pelaksanaan pekerjaan *lean concrete* dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu sebagai berikut:

- Penandaan elevasi

  Langkah pertama yang dilakukan adalah menandai elevasi atas dari *lean concrete* sesuai dengan gambar kerja. Penandaan ini menggunakan alat bantu berupa total station untuk memastikan bahwa ketinggian lapisan beton berada pada posisi yang tepat sesuai dengan desain yang direncanakan.
- Pembersihan dan perataan area galian

Setelah proses penandaan selesai, tahap selanjutnya adalah membersihkan area galian dari material sisa atau tanah lepas, kemudian meratakan permukaan tanah dasar. Tujuannya adalah untuk memperoleh ketebalan *lean concrete* yang seragam dan sesuai dengan ketentuan dalam gambar kerja.

- Pelaksanaan pengecoran

  Pengecoran *lean concrete* dilakukan dengan menggunakan talang beton untuk menyalurkan adukan ke dalam area yang telah dipersiapkan. Sebelum proses pengecoran dimulai, dilakukan terlebih dahulu pengujian slump di lapangan untuk memastikan konsistensi mutu beton. Selain itu, dibuat pula benda uji sebagai sampel mutu beton yang akan diuji di laboratorium.

(Sumber : *Work Method Statement* PT Waskita)

Gambar 4. 33 Pekerjaan *Lean concrete* Pada *Pilecap*

Tabel 4. 16 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Lean concrete Pada Pilecap

Alat	Material	Pekerja
- Vibrator Concrete	- Beton Kelas E	- Mandor - Pekerja

Tabel 4.16 menunjukkan bahwa pekerjaan *lean concrete* pada *Pilecap* menggunakan alat berupa *vibrator concrete* dengan material beton kelas E. Tenaga kerja yang terlibat terdiri dari mandor dan pekerja.

b. Pekerjaan Pembesian *Pilecap*

Pekerjaan pembesian merupakan salah satu bagian krusial dalam struktur beton bertulang, yang bertujuan untuk meningkatkan kekuatan tarik dari elemen struktural. Seluruh rangkaian pekerjaan ini harus dilaksanakan secara cermat dan sesuai dengan spesifikasi teknis serta gambar kerja yang telah disetujui. Adapun tahapan pelaksanaan pekerjaan pembesian dimulai dari proses penyiapan dan pemasangan tulangan baja sebagai berikut:

- Fabrikasi Tulangan

  Tulangan baja yang akan dipasang telah dibentuk sebelumnya sesuai dengan bar list yang tercantum pada gambar kerja. Proses pembentukan ini dilakukan di area kerja atau bending yard menggunakan alat bantu seperti mesin tekuk (*Bar Bender*) dan potong (*Bar Cutter*), untuk memastikan bentuk dan panjang tulangan sesuai rencana.

- Pemasangan Tulangan

  Setelah dibentuk, tulangan dibawa ke lokasi pemasangan dan disusun sesuai urutan pelaksanaan konstruksi. Setiap batang tulangan diikat menggunakan kawat bendrat agar posisi tetap stabil selama pengecoran. Pengawasan ketat dilakukan oleh tim pengawas lapangan untuk memastikan bahwa penempatan tulangan telah sesuai gambar kerja dan memenuhi syarat penulangan struktur.

(Sumber : *Work Method Statement* PT Waskita)

Gambar 4. 34 Pekerjaan Pembesian Pada *Pilecap*

Tabel 4. 17 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pembesian Pada Pilecap

Alat	Material	Pekerja
- *Bar Bender*	- Besi BJTS 520	- Mandor

- *Bar Cutter*		- Tukang Besi - Pekerja

Tabel 4.17 menunjukkan bahwa pekerjaan pembesian pada *Pilecap* menggunakan alat berupa *Bar Bender* dan *Bar Cutter*. Material yang digunakan adalah besi BJTS 520, dengan tenaga kerja yang terdiri dari mandor, tukang besi, dan pekerja.

c. Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Pilecap*

Bekisting merupakan cetakan sementara yang digunakan untuk menahan beton segar agar dapat mengeras sesuai bentuk yang direncanakan. Pada pekerjaan *Pilecap*, bekisting sangat penting karena menentukan bentuk, posisi, dan dimensi akhir dari struktur *Pilecap* yang menjadi pengikat antar tiang pondasi. Langkah-langkah pelaksanaan Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Pilecap* adalah sebagai berikut:

- Pemasangan papan acuan

  Papan acuan dipasang mengikuti bentuk bangunan *Pilecap* yang akan dicor. Pemasangan dilakukan secara presisi dengan mengacu pada gambar kerja yang telah disetujui. Jenis material papan acuan dapat berupa multipleks, papan kayu, atau bahan lain yang memiliki kekuatan menahan tekanan beton basah.
- Pemasangan perancah dan penopang

  Untuk menjamin kestabilan dari papan acuan, digunakan perancah (scaffolding) dan patok sebagai penopang tambahan. Elemen-elemen ini harus dipasang dengan kuat agar papan acuan tetap kokoh selama pengecoran berlangsung.
- Pemasangan kawat pengikat (*projecting wires*)

  Projecting wires digunakan untuk mengikat papan acuan dengan tulangan baja agar tidak bergeser atau mengalami pergerakan saat proses pengecoran. Kawat pengikat ini dililitkan secara melingkar pada titik-titik strategis yang telah ditentukan berdasarkan gambar kerja.
- Penutupan celah

  Celah-celah kecil yang muncul akibat penyambungan papan acuan, lubang bekas kawat penahan, atau sambungan lainnya harus ditutup dengan rapat. Penutupan ini bertujuan untuk mencegah kebocoran adukan beton saat proses pengecoran berlangsung.

(Sumber : *Work Method Statement* PT Waskita)

Gambar 4. 35 Pekerjaan Pemasangan Bekisting Pada *Pilecap*

Tabel 4. 18 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pemasangan Bekisting Pada Pilecap

Alat	Material	Pekerja
	- Bekisting Multipleks	- Mandor - Tukang Kayu - Pekerja

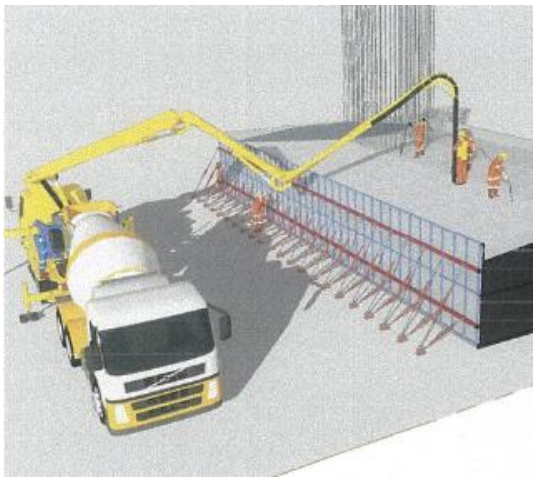
Tabel 4.18 memperlihatkan bahwa pada Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Pilecap* tidak digunakan alat khusus, namun material utama yang digunakan adalah bekisting multipleks. Tenaga kerja yang terlibat terdiri dari mandor, tukang kayu, dan pekerja.

d. Pengecoran *Pilecap*

Pekerjaan pengecoran *Pilecap* merupakan salah satu tahapan penting dalam konstruksi struktur beton bertulang yang memerlukan perencanaan teknis yang cermat serta koordinasi yang baik antar tim pelaksana. Sebelum pelaksanaan pengecoran, seluruh peralatan pendukung seperti *Concrete Vibrator*, *genset*, lampu penerangan, *Concrete Pump*, dan *truck mixer* harus melalui pemeriksaan menyeluruh untuk memastikan kondisi dan fungsinya dalam keadaan optimal. Langkah pertama yang dilakukan adalah memeriksa kekuatan dan kekokohan bekisting *Pilecap*, untuk memastikan bahwa bekisting mampu menahan tekanan beton segar tanpa mengalami pergeseran maupun kebocoran.

Sebagai bentuk antisipasi terhadap kondisi cuaca, disiapkan penutup berupa terpal untuk melindungi area pengecoran apabila terjadi hujan selama proses

berlangsung. Area *Pilecap* yang akan dicor dibersihkan terlebih dahulu dari kotoran atau material lepas untuk menjamin kualitas hasil akhir beton. Proses pengecoran dilakukan secara bertahap dan merata, dimulai dari bagian bawah kemudian ke atas, dengan tujuan untuk menghindari penumpukan beton pada satu titik yang dapat menyebabkan tekanan berlebih pada bekisting. Beton yang dituangkan kemudian dipadatkan menggunakan *Concrete Vibrator* guna menghilangkan rongga udara dan meningkatkan kepadatan beton.



(Sumber : *Work Method Statement* PT Waskita)

Gambar 4. 36 Ilustrasi Proses Pengecoran *Pilecap*

Tabel 4. 19 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pengecoran Pada Pilecap

Alat	Material	Pekerja
- *Concrete Pump* - Vibrator Concrete	- Beton Kelas B	- Mandor - Pekerja

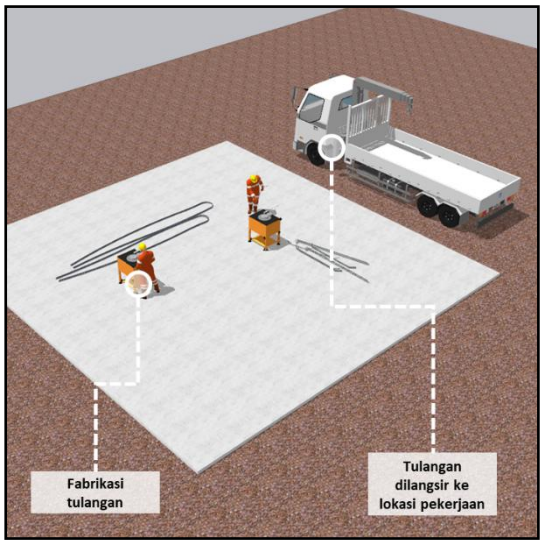
Tabel 4.19 menunjukkan bahwa pekerjaan pengecoran pada *Pilecap* menggunakan alat berupa *Concrete Pump* dan *vibrator concrete*. Material yang digunakan adalah beton kelas B, dengan tenaga kerja terdiri dari mandor dan pekerja.

4.2.5.3 Pekerjaan Abutment dan Wing Wall

Abutment merupakan elemen struktural utama yang berfungsi menopang ujung jembatan serta mentransfer beban dari struktur atas ke pondasi dan tanah di bawahnya, sehingga perannya sangat vital dalam menjaga kestabilan dan kinerja jembatan secara keseluruhan. Pelaksanaan pekerjaan abutment dimulai seperti tahapan berikut :

a. Fabrikasi Tulangan

Proses fabrikasi tulangan dilakukan di area workshop dengan memanfaatkan alat pemotong *(Bar Cutter)* dan alat pembengkok *(Bar Bender).* Pemotongan dan pembengkokan baja tulangan dilaksanakan sesuai dengan panjang, bentuk, dan jumlah yang tercantum dalam gambar rencana. Setelah selesai difabrikasi, tulangan diangkut menuju area pemasangan di lapangan menggunakan kendaraan pengangkut, seperti truk.

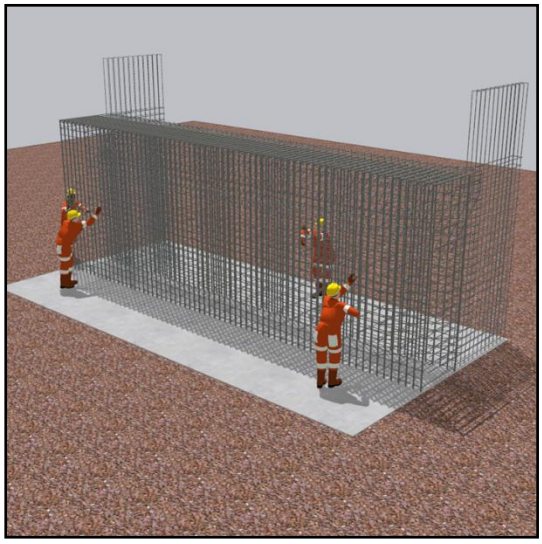


(Sumber : *Work Method Statement* PT Waskita)

Gambar 4. 37 Ilustrasi Fabrikasi Tulangan *Abutment*

b. Pekerjaan Pembesian Dinding *Abutment*

Pemasangan tulangan harus dilakukan sesuai dengan jarak, dimensi, dan penempatan yang telah ditetapkan dalam gambar rencana. Metode pemasangan perlu memperhatikan posisi antara tulangan utama dan tulangan pembagi agar sesuai dengan fungsi strukturalnya. Untuk pekerjaan pada elevasi tinggi, scaffolding dipasang sebagai sarana akses kerja yang aman bagi tenaga kerja. Seluruh pekerja yang bertugas pada area ketinggian wajib menggunakan alat pelindung diri berupa *full body harness*. Sebelum pengecoran dilaksanakan, dilakukan *checklist* pembesian bersama konsultan pengawas untuk memastikan bahwa jumlah tulangan, panjang penyaluran *anchorage*, serta sambungan tulangan telah sesuai dengan spesifikasi teknis dan gambar kerja.



(Sumber : *Work Method Statement* PT Waskita)

Gambar 4. 38 Ilustrasi Pembesian *Abutment*

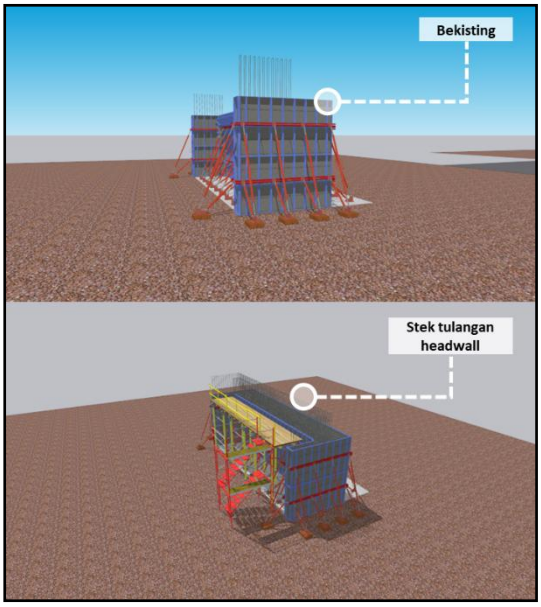
Tabel 4. 20 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pembesian Abutment

Alat	Material	Pekerja
- *Bar Bender* - *Bar Cutter*	- Besi BJTS 520	- Mandor - Tukang Besi - Pekerja

Tabel 4.20 menjelaskan bahwa pada pekerjaan pembesian *abutment* digunakan alat berupa *Bar Bender* dan *Bar Cutter*. Material yang digunakan adalah besi BJTS 520, dengan tenaga kerja terdiri dari mandor, tukang besi, dan pekerja.

c. Pekerjaan Pemasangan Bekisting dan Perancah

Setelah pemasangan tulangan selesai, tahap selanjutnya adalah pemasangan bekisting pada elemen dinding dan *wingwall.* Bekisting harus dipasang secara rapat dan stabil guna menghindari terjadinya deformasi (ngeplin) pada permukaan beton saat pengecoran. Permukaan dalam bekisting diberi lapisan pelumas (seperti *form oil*) untuk mencegah beton menempel dan memudahkan proses pembongkaran. Sebelum pengecoran dimulai, dilakukan pemeriksaan ulang terhadap sistem perancah yang digunakan. Jika ditemukan kebutuhan untuk penambahan penguatan pada struktur perancah selama pemasangan bekisting, maka perkuatan harus segera dilaksanakan untuk menjamin kestabilan dan keamanan pekerjaan.



(Sumber : *Work Method Statement* PT Waskita)

Gambar 4. 39 Ilustrasi Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Abutment*

Tabel 4. 21 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pemasangan Bekisting Abutment

Alat	Material	Pekerja
	- Bekisting Multipleks	- Mandor - Tukang Kayu - Pekerja

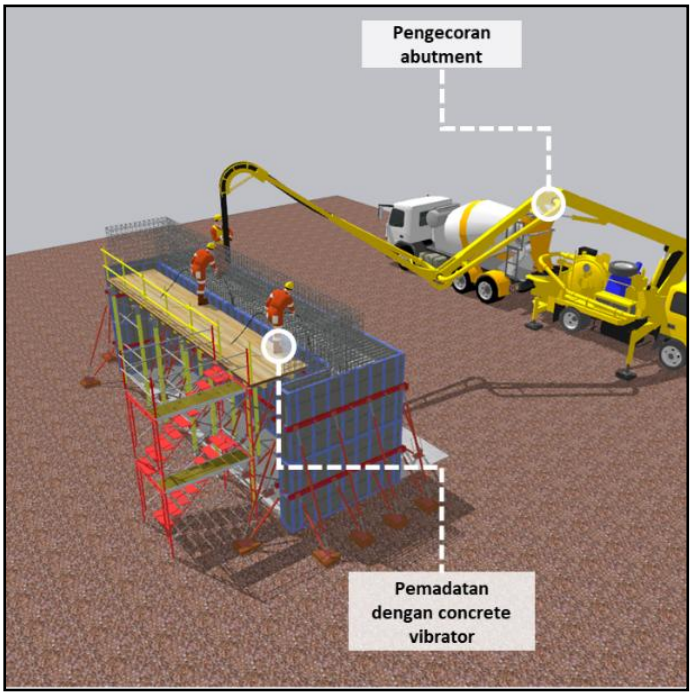
Tabel 4.21 menunjukkan alat, material, dan pekerja yang terlibat dalam Pekerjaan Pemasangan Bekisting pada bagian *abutment.* Berdasarkan tabel tersebut, material yang digunakan adalah bekisting multipelks. Pekerja yang terlibat dalam pekerjaan ini antara lain mandor, tukang kayu, dan pekerja.

d. Pengecoran Dinding *Abutment*

Pengecoran dinding *abutment* dan *wingwall* merupakan salah satu tahapan krusial dalam pembangunan struktur beton bertulang yang membutuhkan perencanaan matang dan koordinasi yang baik. Seluruh peralatan pendukung pengecoran diperiksa sebelum pelaksanaan, termasuk *Concrete Vibrator*, genset, lampu penerangan, *Concrete Pump*, dan truck mixer. Kondisi dan fungsi alat harus dalam keadaan optimal untuk menunjang kelancaran proses pengecoran. Berikut adalah tahapan pelaksanaan yang dilakukan:

- Perkuatan bekisting dinding harus dicek. Sebelum pelaksanaan pengecoran.

- Penyiapan terpal untuk antisipasi hujan pada saat pengecoran.
- Pembersihan lokasi yang akan dicor.
- Penuangan beton harus merata dari bawah bar uke atas. Tidak boleh menumpuk di satu titik.
- Beton dipadatkan menggunakan *Concrete Vibrator*
- Pada saat pengecoran berlangsun, ada personil khusus yang memonitor kondisi bekisting (geser / bocor).
- Pengecoran berhenti di batas stop cor yang telah dimarking sebelumnya.



(Sumber : *Work Method Statement* PT Waskita)

Gambar 4. 40 Ilustrasi Pengecoran *Abutment*

Tabel 4. 22 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pengecoran Abutment

Alat	Material	Pekerja
- *Concrete Pump* - Vibrator Concrete	- Beton Kelas B	- Mandor - Pekerja

Tabel 4.22 menunjukkan alat yang digunakan dalam pekerjaan pengecoran abutment, yaitu *Concrete Pump* dan vibrator concrete, serta material beton kelas B. Pekerja yang terlibat adalah mandor dan pekerja.

e. Pekerjaan Pembongkaran Bekisting dan Curing

Pembongkaran bekisting dilakukan setelah beton mencapai kondisi awal pengerasan (*initial setting time*). Proses pembongkaran dilaksanakan secara bertahap dan teratur, dengan tetap memperhatikan prosedur keselamatan kerja guna menghindari risiko kecelakaan maupun kerusakan pada struktur beton.

Setelah bekisting dilepas, dilakukan proses curing menggunakan material geotekstil yang diletakkan di atas permukaan beton, kemudian dibasahi secara rutin. Tujuannya adalah untuk menjaga kelembaban permukaan beton selama periode perawatan, sehingga proses hidrasi dapat berlangsung optimal.

Penyiraman dilakukan minimal dua kali sehari, yaitu pada pagi dan sore hari, dengan menggunakan truk tangki air. Seluruh permukaan beton yang dirawat harus dipastikan tetap dalam kondisi basah secara merata agar tidak terjadi perbedaan waktu pengikatan (*setting time*) antar bagian, yang dapat menyebabkan retak dini pada permukaan beton (*plastic shrinkage cracks*).

Tabel 4. 23 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pembongkaran Bekisting

Alat	Material	Pekerja
-	-	- Mandor - Pekerja

Tabel 4.23 menunjukkan alat, material, dan pekerja yang terlibat dalam Pekerjaan Pembongkaran Bekisting pada bagian *abutment.* Berdasarkan tabel tersebut, Pekerja yang terlibat dalam pekerjaan ini antara lain mandor, tukang kayu, dan pekerja.

f. *Bearing Pad*

Bearing Pad merupakan elemen penting pada struktur atas jembatan yang berfungsi sebagai tumpuan bentang jembatan atau girder, serta mendistribusikan beban secara merata ke struktur bawah. Pekerjaan ini mencakup penyiapan material, pemasangan tulangan, pengecoran, pemasangan komponen, dan perawatan beton pierhead.

Tabel 4. 24 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pemasangan *Elastomeric Bearing Pad*

Alat	Material	Pekerja
-	- Elastommeric Bearing Pad	- Mandor - Pekerja

4.2.5.4 Pekerjaan Erection Girder

Pengangkutan, dan penyimpanan PCI *girder* yang diproduksi secara precast sesuai dengan garis, elevasi, desain, dan dimensi berdasarkan spesifikasi teknis. PCI *girder* berfungsi sebagai balok utama penopang lantai jembatan yang menyalurkan beban ke struktur pier dan abutment. Setelah proses erection PCI *girder* selesai—yang umumnya dilakukan dengan metode pengangkatan menggunakan alat berat seperti crane atau launching girder. Ini adalah tahapan pelaksanaan PC-I *Girder*:

a. Pekerjaan Pemasangan PC I *Girder*

- Penggeseran *girder* ke lokasi tumpuan dilakukan dengan menggunakan crane, di mana crane akan bergerak sambil membawa beban *girder* pada gantungannya. Pada tahap ini, penggeseran *girder* membutuhkan perhatian khusus karena beban dinamis yang diterima oleh *girder* dan alat angkat akan lebih besar jika crane digunakan untuk memindahkan *girder*. Oleh karena itu, diperlukan perhitungan yang cermat untuk memastikan stabilitas dan keselamatan selama proses ini.
- Perletakan *girder* ke tumpuan dilakukan setelah girder berhasil diposisikan dengan tepat menggunakan crane. Proses ini memastikan bahwa girder terpasang dengan sempurna pada tumpuan yang telah disiapkan sebelumnya, sesuai dengan spesifikasi teknis yang ada.

(Sumber : *Work Method Statement* PT Waskita)

Gambar 4. 41 Pekerjaan *Erection PC I Girder*

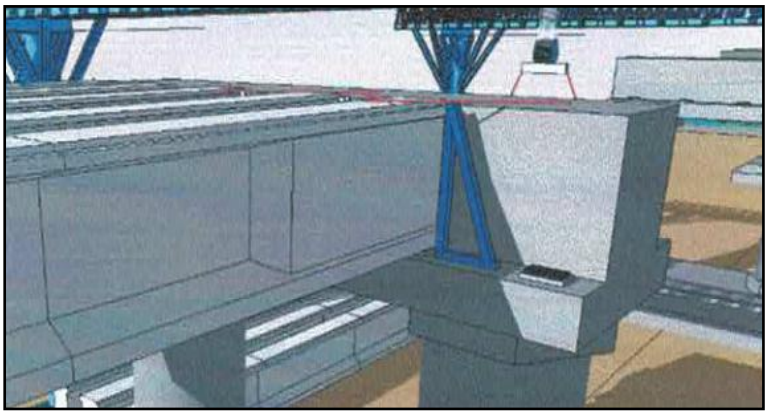
Tabel 4. 25 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Erection PC I Girder

Alat	Material	Pekerja
- Crawl Crane - Truck Boogie	- PC I Girder	- Mandor - Pekerja

Tabel 4.25 menunjukkan alat yang digunakan dalam pekerjaan erection PC I Girder, yaitu crawl crane dan truck boogie, serta pekerja yang terlibat, yaitu mandor dan pekerja

b. Placing and Protection PC I *Girder*

- Setelah girder diposisikan pada tumpuan (*pierhead*), dilakukan pengikatan girder menggunakan stek besi yang dipasang dengan pengelasan pada pierhead. Tujuan dari pengikatan ini adalah untuk menjamin kestabilan girder yang telah terpasang sebelum dilakukan pengecoran atau proses lanjutan lainnya.
- Selama proses pemasangan girder, diperlukan perlindungan yang tepat untuk menjaga agar elemen struktural tidak mengalami kerusakan akibat gesekan atau beban eksternal. Perlindungan ini dapat melibatkan pemasangan pelindung tambahan atau penggunaan alat berat dengan pengaturan yang tepat.



(Sumber : *Work Method Statement* PT Waskita)

Gambar 4. 42 Ilustrasi Placing and Protection PC I Girder

4.2.5.5 Pekerjaan Diafragma

Pekerjaan diafragma pada jembatan *girder* dimulai dengan tahap pembesian, yaitu pemasangan tulangan baja sesuai dengan gambar kerja untuk menghubungkan antar PCI *girder*. Selanjutnya dilakukan pemasangan bekisting menggunakan penyangga guna membentuk elemen struktur sesuai desain. Proses pengecoran dilakukan menggunakan *Concrete Pump* untuk memastikan beton terdistribusi secara merata dan efisien di antara girder. Ini merupakan tahapannya :

a. Pekerjaan Pembesian

Beton decking dipersiapkan untuk memberikan jarak yang tepat antara tulangan dan bekisting. Tulangan yang sudah difabrikasi kemudian dirakit dan dipasang sesuai dengan gambar kerja dan perhitungan struktur

Tabel 4. 26 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pembesian Diafragma

Alat	Material	Pekerja
- *Bar Bender* - *Bar Cutter*	- Besi BJTS 520	- Mandor - Tukang Besi - Pekerja

Tabel 4.26 menjelaskan bahwa pada pekerjaan pembesian *abutment* digunakan alat berupa *Bar Bender* dan *Bar Cutter*. Material yang digunakan adalah besi BJTS 520, dengan tenaga kerja terdiri dari mandor, tukang besi, dan pekerja.

b. Pemasangan Bekisting

Bekisting bottom dipasang sesuai posisi dan dimensi yang sudah ditentukan dalam gambar kerja. Pastikan bekisting terpasang kokoh dan tidak ada bagian yang goyang atau tidak stabil. Perancah digunakan sebagai penopang bekisting untuk menjaga posisi dan kestabilan selama pengecoran Stop cor dipasang untuk menghindari kebocoran aliran air atau rembesan pada beton yang belum mengeras.

Tabel 4. 27 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pemasangan Bekisitng Diafragma

Alat	Material	Pekerja
	- Bekisting Multipleks	- Mandor - Tukang Kayu - Pekerja

Tabel 4.27 menunjukkan alat, material, dan pekerja yang terlibat dalam Pekerjaan Pemasangan Bekisting pada bagian *abutment.* Berdasarkan tabel tersebut, material yang digunakan adalah bekisting multipelks. Pekerja yang terlibat dalam pekerjaan ini antara lain mandor, tukang kayu, dan pekerja.

c. Pengecoran

Alat yang dibutuhkan seperti *Concrete Vibrator*, jidar, cangkul pukul karet, dan sendok beton harus disiapkan terlebih dahulu. Setelah persiapan alat, lakukan pengecekan slump beton dan pembuatan benda uji silinder untuk menguji kualitas beton. Beton dituangkan dari Mixer Truck ke *Concrete Pump*, lalu dialirkan secara

manual menggunakan sekop dan cangkul, kemudian dipadatkan dengan *Concrete Vibrator*. Setelah beton diratakan, periksa kerataan permukaan dengan menggunakan jidar.

Tabel 4. 28 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pengecoran Diafragma

Alat	Material	Pekerja
- *Concrete Pump* - Vibrator Concrete	- Beton Kelas B	- Mandor - Pekerja

Tabel 4.28 menunjukkan alat yang digunakan dalam pekerjaan pengecoran abutment, yaitu *Concrete Pump* dan vibrator concrete, serta material beton kelas B. Pekerja yang terlibat adalah mandor dan pekerja.

d. Bongkar Bekisting dan Curing

Setelah pengecoran selesai dan beton telah cukup mengeras, tahap selanjutnya adalah pembongkaran bekisting. Pembongkaran dilakukan secara bertahap dan hati-hati, dengan memperhatikan kondisi beton yang telah dicor. Bekisting harus dibongkar secara perlahan untuk menghindari kerusakan pada permukaan beton yang masih dalam tahap pengerasan.

Curing beton dilakukan segera setelah pembongkaran bekisting untuk menjaga kelembaban beton selama periode pengeringan. Curing bertujuan untuk menghindari beton mengeras terlalu cepat, yang dapat menyebabkan retak pada permukaan akibat penguapan air yang berlebihan.

Tabel 4. 29 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pembongkaran Bekisting Diafragma

Alat	Material	Pekerja
-	-	- Mandor - Pekerja

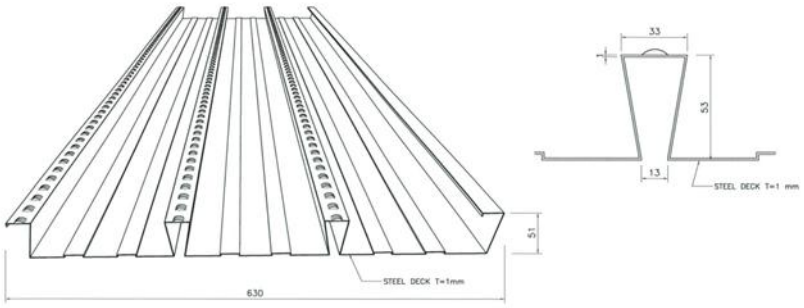
Tabel 4.29 menunjukkan alat, material, dan pekerja yang terlibat dalam Pekerjaan Pembongkaran Bekisting pada bagian *abutment.* Berdasarkan tabel tersebut, Pekerja yang terlibat dalam pekerjaan ini antara lain mandor, tukang kayu, dan pekerja.

4.2.5.6 Pekerjaan *Slab*

Slab merupakan salah satu komponen utama struktur atas jembatan yang berfungsi sebagai lantai utama, menanggung beban langsung dari kendaraan, pejalan kaki, serta lapisan perkerasan. Beban tersebut kemudian disalurkan ke elemen pendukung di bawahnya seperti girder, cross girder, dan pier. Pengecoran *slab* dilakukan menggunakan bantuan alat berat berupa *Concrete Pump*, dengan bekisting yang digunakan adalah sistem Bondex untuk membentuk dan menahan beton selama proses pengecoran. Berikut ini merupakan tahapan pekerjaan slab:

a. Pemasangan Lembaran Plat Bondex di atas *Girder*

Lembaran plat Bondex dipasang sesuai dengan gambar *shop drawing* yang telah disetujui oleh konsultan. Pastikan panjang sambungan antara pertemuan lembaran Smartdeck telah sesuai dan rapat. Selanjutnya, sambungan antar lembaran dilakukan dengan proses crimping atau penjepitan menggunakan alat notching tools pada setiap *interval* 300 mm. Periksa kembali setiap sambungan untuk memastikan bahwa setiap lembaran terjepit dengan sempurna, sehingga menghasilkan sambungan yang rapat dan mencegah rembesan air semen keluar dari celah antar lembaran.



(Sumber : *Work Method Statement* PT Waskita)

Gambar 4. 43 *Profile* Bondex

(Sumber : *Work Method Statement* PT Waskita)

Gambar 4. 44 Contoh Pekerjaan Pemasangan Bondex

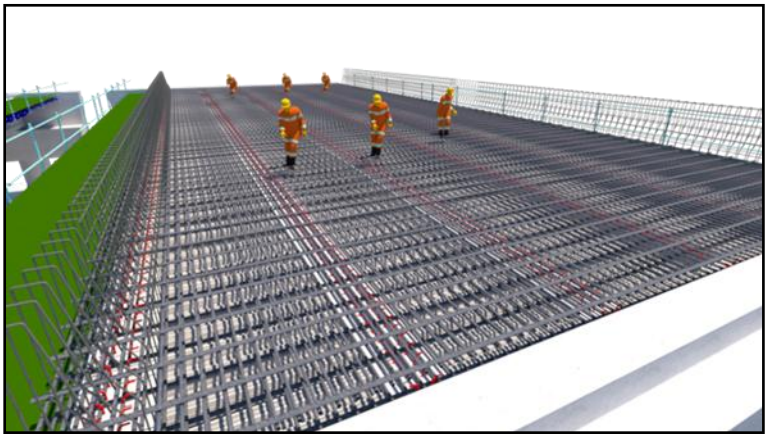
Tabel 4. 30 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pemasangan Bondex

Alat	Material	Pekerja
	- Bondex	- Mandor - Pekerja

Tabel 4.30 menunjukkan material Bondex yang digunakan dalam pekerjaan pemasangan Bondex, dengan pekerja yang terlibat adalah mandor dan pekerja.

b. Pekerjaan Pembesian

Pekerjaan pembesian *deck slab* dilakukan di lokasi yang telah disiapkan sesuai dengan gambar rencana, dan selama pemasangan, ketebalan selimut beton harus dijaga menggunakan beton decking. Seluruh proses fabrikasi pembesian harus mengacu pada gambar perencanaan struktur yang telah disetujui oleh konsultan. Selain itu, *bar bending schedule* (BBS) atau daftar potong bengkok besi perlu disusun untuk menghitung penggunaan besi tulangan secara efisien dan efektif. Panjang overlap atau penyaluran pada sambungan tulangan yang memenuhi persyaratan SNI harus diperhatikan dalam proses pembuatan sambungan. Untuk perakitan material tulangan, digunakan sistem sambungan ikatan dengan kawat bendrat. Selanjutnya, dilakukan pemeriksaan *checklist* pembesian bersama dengan konsultan pengawas untuk memastikan bahwa jumlah, diameter, panjang penyaluran, dan sambungan tulangan sesuai dengan gambar rencana yang telah ditetapkan.



(Sumber : *Work Method Statement* PT Waskita)

Gambar 4. 45 Ilustrasi Pembesian *Slab* Jembatan

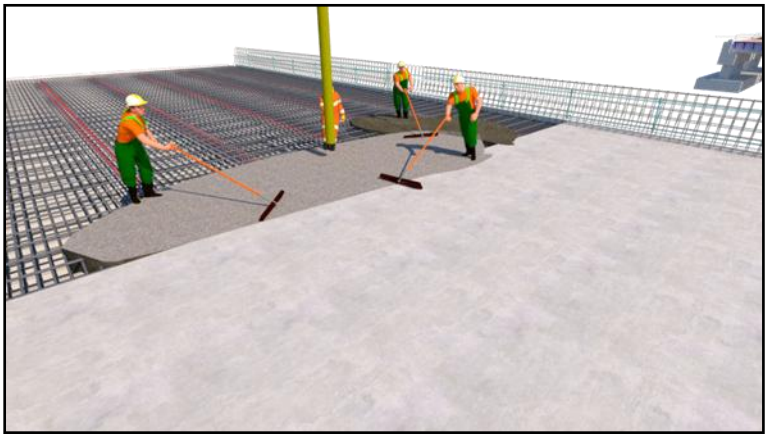
Tabel 4. 31 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pembesian Slab Jembatan

Alat	Material	Pekerja
- *Bar Bender* - *Bar Cutter*	- Besi BJTS 520	- Mandor - Tukang Besi - Pekerja

Tabel 4.31 menunjukkan alat yang digunakan dalam pekerjaan pembesian *slab* jembatan, yaitu *Bar Bender* dan *Bar Cutter*, dengan material besi BJTS 520. Pekerja yang terlibat adalah mandor, tukang besi, dan pekerja.

c. Pekerjaan Pengecoran

Pengecoran tidak boleh dilakukan dengan menuangkan adukan beton dari ketinggian yang melebihi 1,5 meter, karena dapat menyebabkan segregasi agregat dan penurunan kualitas beton. Selama pengecoran berlangsung, penting untuk menghindari kerumunan pekerja di area yang sama untuk menghindari lenturan akibat konsentrasi beban pada satu titik. Terakhir, penumpukan adukan beton di tengah bentang harus dihindari untuk menjaga distribusi beban yang merata dan mencegah ketidak seimbangan pada struktur.



(Sumber : *Work Method Statement* PT Waskita)

Gambar 4. 46 Ilustrasi Pengecoran *Slab* Jembatan

Tabel 4. 32 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Slab Jembatan

Alat	Material	Pekerja
- *Concrete Pump* - Vibrator Concrete	- Beton Kelas B	- Mandor - Pekerja

Tabel 4.32 menunjukkan alat yang digunakan dalam pekerjaan slab jembatan, yaitu *Concrete Pump* dan vibrator concrete, dengan material beton kelas B. Pekerja yang terlibat adalah mandor dan pekerja.

4.2.5.7 Pekerjaan Plat Injak

Pelat injak adalah elemen beton bertulang yang terletak di bawah permukaan jalan pada area transisi menuju jembatan, berfungsi untuk menyalurkan beban kendaraan ke tanah di belakang struktur jembatan. Komponen ini membantu mendistribusikan beban lalu lintas secara merata dan meneruskannya ke struktur bawah. Pekerjaan pelat injak diawali dengan pemasangan tulangan (pembesian), dilanjutkan dengan pemasangan bekisting, kemudian dilakukan pengecoran beton.

a. Pekerjaan Pembesian

Pekerjaan pembesian Plat Injak dilakukan di lokasi yang telah disiapkan sesuai dengan gambar rencana, dan selama pemasangan, ketebalan selimut beton harus dijaga menggunakan beton decking.

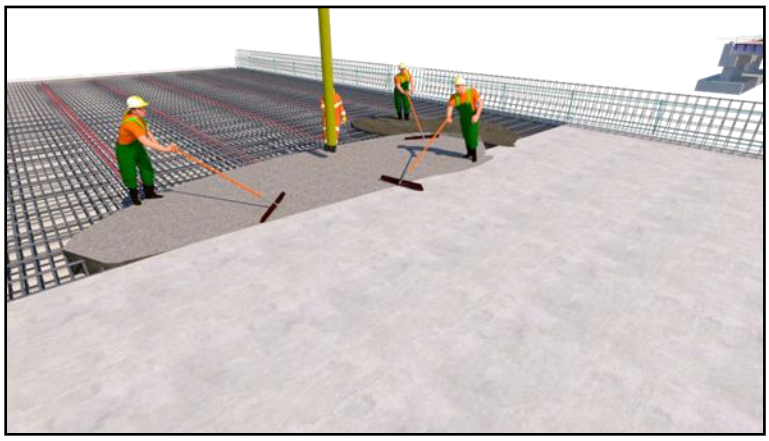
Tabel 4. 33 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pembesian Pelat Injak Jembatan

Alat	Material	Pekerja
- *Bar Bender* - *Bar Cutter*	- Besi BJTS 520	- Mandor - Tukang Besi - Pekerja

Tabel 4.33 menunjukkan alat yang digunakan dalam pekerjaan pembesian Pelat Injak Jembatan, yaitu *Bar Bender* dan *Bar Cutter*, dengan material besi BJTS 520. Pekerja yang terlibat adalah mandor, tukang besi, dan pekerja.

d. Pekerjaan Pengecoran

Pengecoran tidak boleh dilakukan dengan menuangkan adukan beton dari ketinggian yang melebihi 1,5 meter, karena dapat menyebabkan segregasi agregat dan penurunan kualitas beton. Selama pengecoran berlangsung, penting untuk menghindari kerumunan pekerja di area yang sama untuk menghindari lenturan akibat konsentrasi beban pada satu titik. Penumpukan adukan beton di tengah bentang harus dihindari untuk menjaga distribusi beban yang merata dan mencegah ketidak seimbangan pada struktur.



(Sumber : *Work Method Statement* PT Waskita)

Gambar 4. 47 Ilustrasi Pengecoran *Slab* Jembatan

Tabel 4. 34 Alat, Material, Pekerja pada Pekerjaan Pelat Injak Jembatan

Alat	Material	Pekerja
- *Concrete Pump* - Vibrator Concrete	- Beton Kelas B	- Mandor - Pekerja

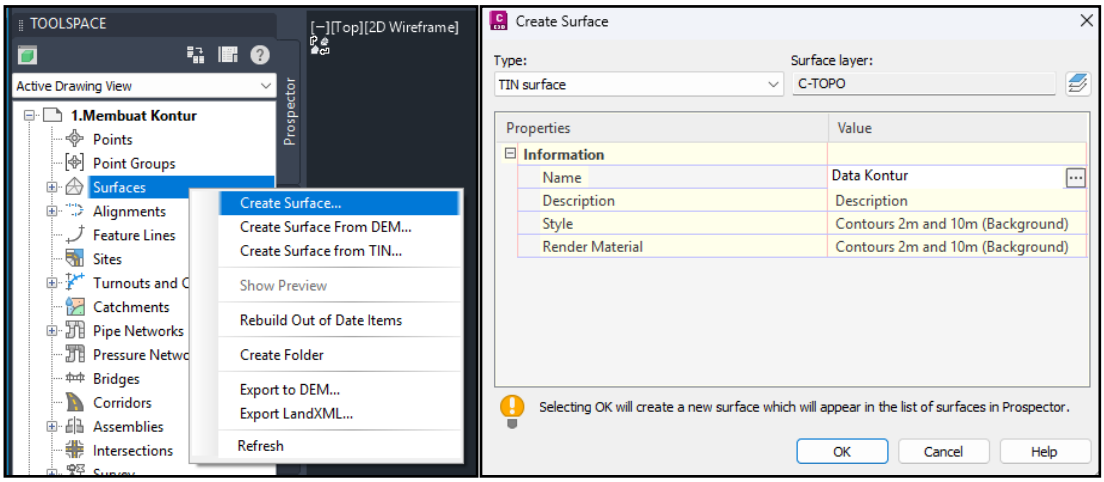
Tabel 4.34 menunjukkan alat yang digunakan dalam pekerjaan Pelat Injak Jembatan, yaitu *Concrete Pump* dan vibrator concrete, dengan material beton kelas B. Pekerja yang terlibat adalah mandor dan pekerja.

4.3 Permodelan Autodesk Civil 3D

Permodelan menggunakan Autodesk Civil 3D dilakukan untuk mendukung proses perencanaan teknis proyek secara digital dan terintegrasi. Tahapan permodelan ini dimulai dari pembuatan model kontur berdasarkan data topografi, dilanjutkan dengan penyusunan alignment sebagai trase jalan, serta pembuatan assembly dan sub assembly untuk membentuk penampang jalan. Setelah itu, dibuat corridor yang merepresentasikan bentuk geometrik jalan secara tiga dimensi. Selanjutnya dilakukan perhitungan volume material melalui fitur 5D Material Take-Off, dan diakhiri dengan pembuatan model 3D solid sebagai representasi visual akhir dari desain. Seluruh tahapan ini dilakukan secara sistematis guna meningkatkan akurasi desain dan efisiensi perhitungan dalam perencanaan proyek.

4.3.1 Membuat Model Kontur

Pembuatan model kontur dalam Autodesk Civil 3D diawali dengan pembuatan permukaan digital (*Surface*) menggunakan tipe *TIN Surface* (*Triangulated Irregular Network*). Permukaan ini dibentuk melalui pengaturan awal pada jendela *Toolspace*, khususnya pada tab *Prospector*, dengan membuat entitas permukaan baru yang diberi nama sesuai kebutuhan, misalnya "Kontur". Selain itu, dalam proses pembentukan ini juga dilakukan penyesuaian terhadap tampilan visual melalui pengaturan *style*, seperti *interval* kontur utama dan minor, misalnya 10 meter dan 2 meter, agar interpretasi elevasi pada model lebih mudah dibaca dan akurat.



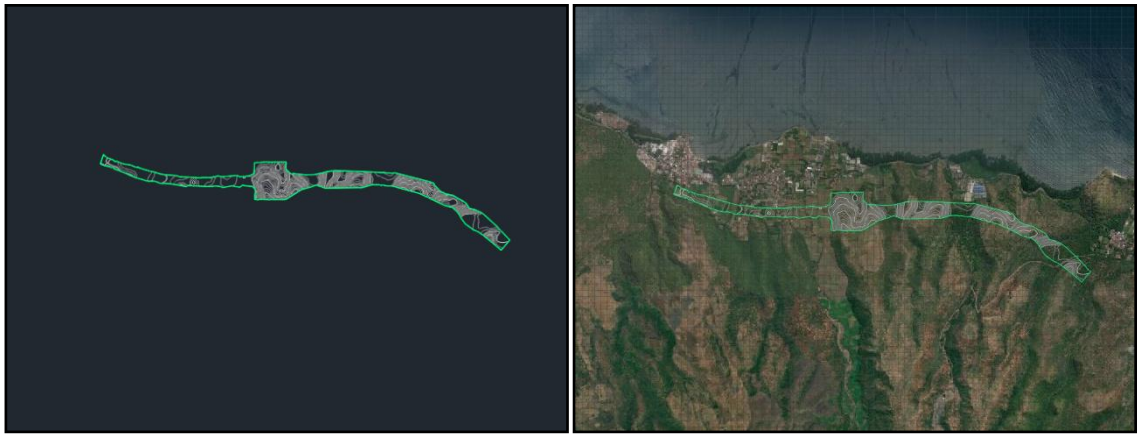
Gambar 4. 48 Permodelan Civil 3D *"Create Surface"*

Proses integrasi data kontur ke dalam permukaan yang telah dibuat sebelumnya dilakukan pada langkah berikutnya. Data kontur yang berasal dari *polyline* dengan informasi ketinggian (Z) dimasukkan melalui bagian Definition pada permukaan. Teknik seleksi area

(*window selection*) dapat digunakan untuk memasukkan data kontur secara menyeluruh, terutama apabila jumlah *polyline* cukup banyak. Penting untuk memastikan bahwa nilai elevasi yang digunakan berasal dari nilai koordinat Z pada setiap *polyline* yang dipilih. Setelah data kontur dimasukkan, permukaan akan diperbarui secara otomatis untuk merepresentasikan bentuk topografi secara tiga dimensi berdasarkan data yang tersedia.

Gambar 4. 49 Permodelan Civil 3D *"Create Contour"*

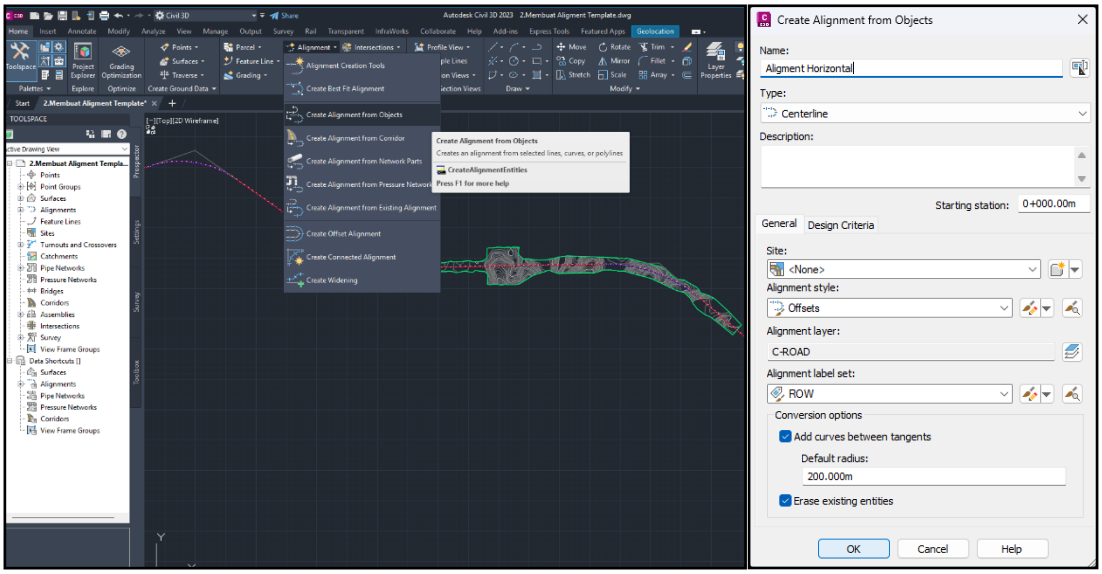
Untuk meningkatkan ketelitian model permukaan, evaluasi dan penyempurnaan terhadap hasil yang telah terbentuk dilakukan. Salah satu cara yang digunakan adalah dengan menambahkan elemen *breaklines*, yang berfungsi untuk mendefinisikan fitur linier seperti tepi sungai, lereng tajam, atau jalan. Selain itu, boundaries juga dapat ditambahkan sebagai batasan area kerja, sehingga permukaan yang dihasilkan hanya mencakup area yang relevan. Penambahan elemen-elemen ini akan menghasilkan model kontur yang lebih representatif dan akurat terhadap kondisi eksisting di lapangan.



Gambar 4. 50 Permodelan Civil 3D *"Boundry Contour"*

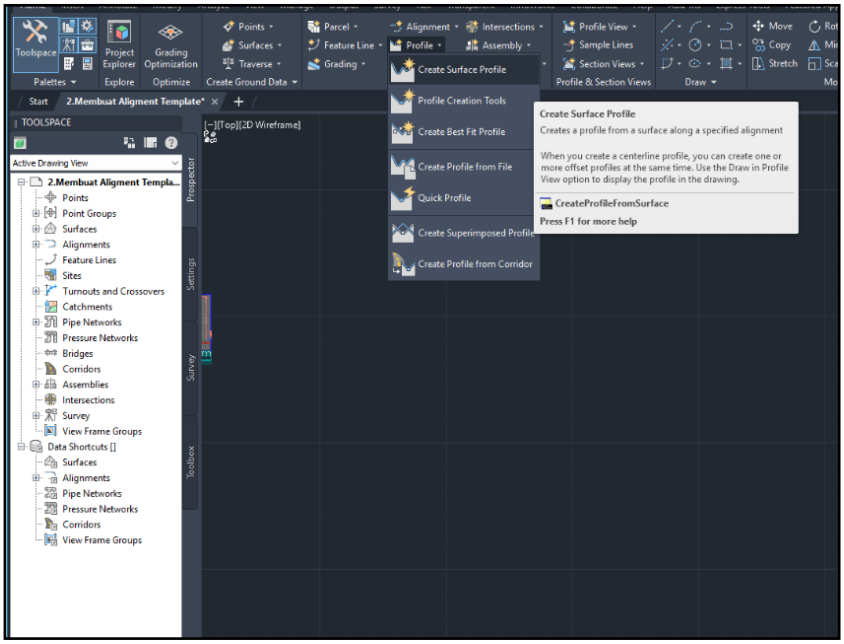
4.3.2 Membuat Aligment

Untuk *alignment* horizontal, langkah pertama adalah menggunakan data berupa *polyline* atau garis referensi yang akan dijadikan dasar. *Tab Home* kemudian dibuka, diikuti dengan pemilihan opsi *Create Alignment* pada panel *Alignment*. Opsi *From Polyline* dapat dipilih untuk mengonversi garis yang sudah ada, atau *Layout* dapat digunakan untuk membuat *alignment* baru secara manual. Nama *alignment* diberikan, tipe ditentukan (misalnya *Centerline*), dan *style* yang sesuai dipilih.

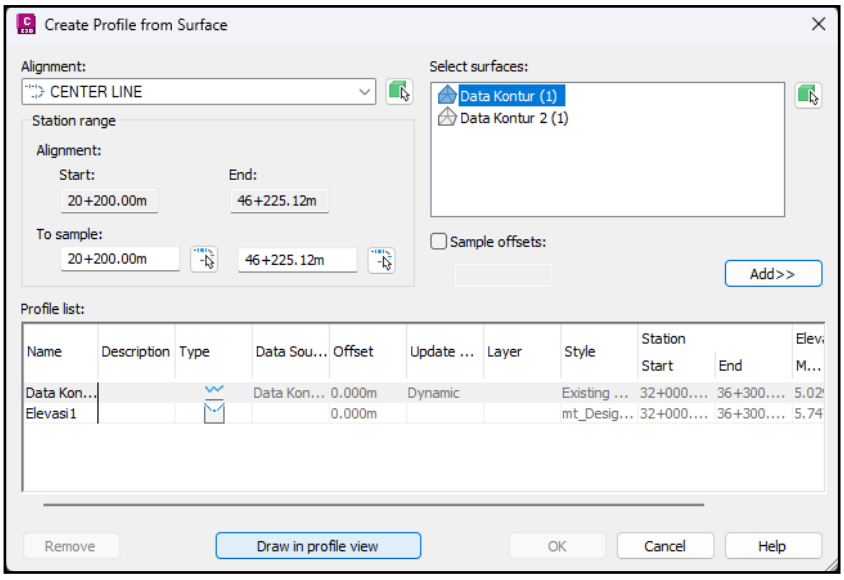


Gambar 4. 51 Permodelan Civil 3D *"Create Alignment"*

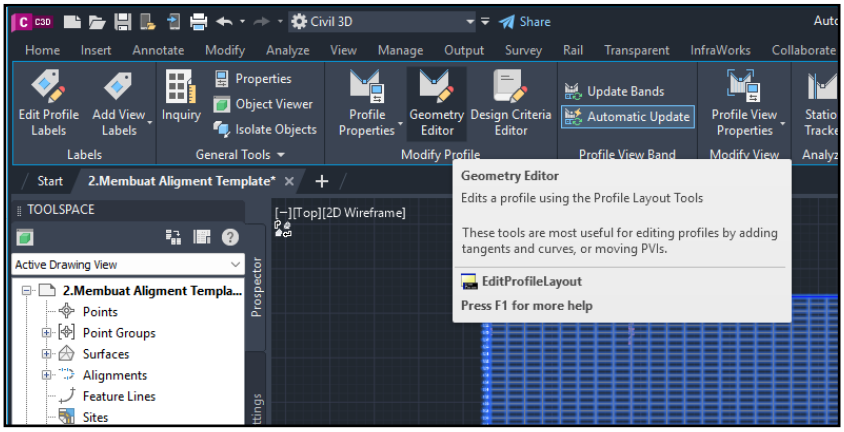
Selanjutnya, untuk profil vertikal, profil permukaan tanah dibuat terlebih dahulu dengan memilih *alignment* yang telah dibuat, kemudian klik *Create Surface Profile* pada panel *Profile*. *Surface* referensi dipilih untuk mendapatkan elevasi existing, lalu ditambahkan ke profil view. Untuk membuat profil rencana, digunakan *Profile* Creation Tools pada profil view yang muncul. Garis grade (*Tangent*) dan lengkung vertikal (*Parabolic Curve*) ditambahkan sambil mengatur parameter seperti kemiringan (%) dan panjang lengkung. Elevasi dapat disesuaikan melalui titik kontrol atau langsung di *Profile* Grid View untuk presisi numerik.



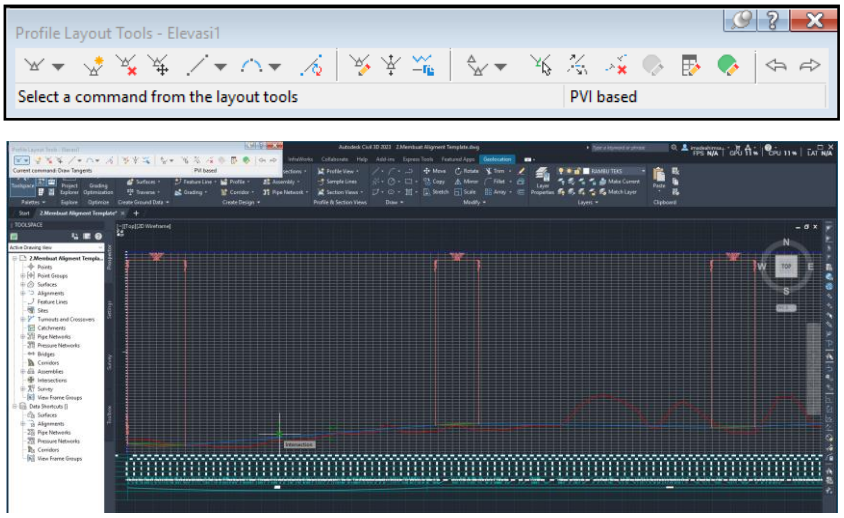
Gambar 4. 52 Permodelan Civil 3D *"Create Surface Profile"*



Gambar 4. 53 Permodelan Civil 3D *"Create Surface Profile"*



Gambar 4. 54 Permodelan Civil 3D *"Geometry Editor"*



Gambar 4. 55 Permodelan Civil 3D "*Long Section"*

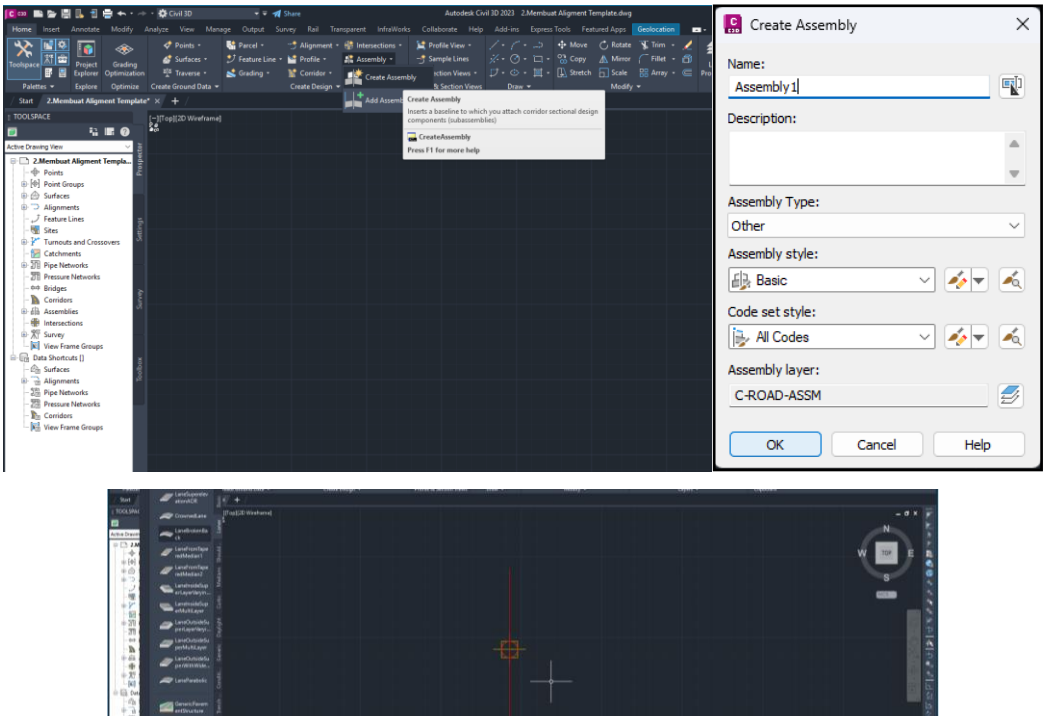
4.3.3 Membuat *Assembly*

Pembuatan *Assembly* dalam Autodesk Civil 3D merupakan tahapan penting dalam membentuk penampang melintang standar jalan. *Assembly* berfungsi sebagai modul dasar yang akan digunakan dalam proses pembuatan koridor. Proses dimulai dengan menentukan dan menempatkan entitas *Assembly* pada area gambar, yang diberi nama sesuai kebutuhan proyek, seperti "*Assembly*1". Lokasi peletakan *Assembly* pada area kerja bersifat fleksibel, karena fungsinya tidak terkait langsung dengan koordinat lahan, melainkan sebagai acuan penempatan komponen struktur jalan yang akan digunakan secara berulang sepanjang sumbu jalan.

Setelah *Assembly* dibuat, tahap berikutnya adalah menyusun komponen penampang jalan dengan memanfaatkan pustaka elemen yang tersedia dalam *Tool Palettes*. Pustaka ini menyediakan berbagai jenis *SubAssembly* yang mewakili elemen-elemen fisik jalan seperti jalur kendaraan (*lane*), bahu jalan (*shoulder*), saluran drainase, tanggul, dan elemen tambahan

lainnya. Pemilihan komponen dilakukan berdasarkan spesifikasi teknis yang telah ditentukan, agar struktur penampang jalan memenuhi persyaratan geometrik dan fungsional.

Dengan menyusun *SubAssembly* pada *Assembly* baseline, model penampang melintang diperoleh dan nantinya akan dikembangkan mengikuti jalur dan elevasi sumbu jalan dalam proses pembentukan corridor. Proses ini menjadi dasar bagi permodelan tiga dimensi jalan secara keseluruhan, serta mendukung akurasi dalam perhitungan volume, desain saluran samping, dan elemen konstruksi lainnya.



Gambar 4. 56 Permodelan Civil 3D *"Create Assembly"*

4.3.4 Membuat Sub *Assembly*

Dalam proses perencanaan geometrik jalan, terdapat kondisi tertentu di mana kebutuhan desain tidak dapat sepenuhnya dipenuhi oleh pustaka komponen bawaan (*default subassemblies*) dari Autodesk Civil 3D. Oleh karena itu, pembuatan *SubAssembly* kustom menjadi solusi yang relevan, salah satunya melalui aplikasi pendukung yaitu *SubAssembly Composer*.

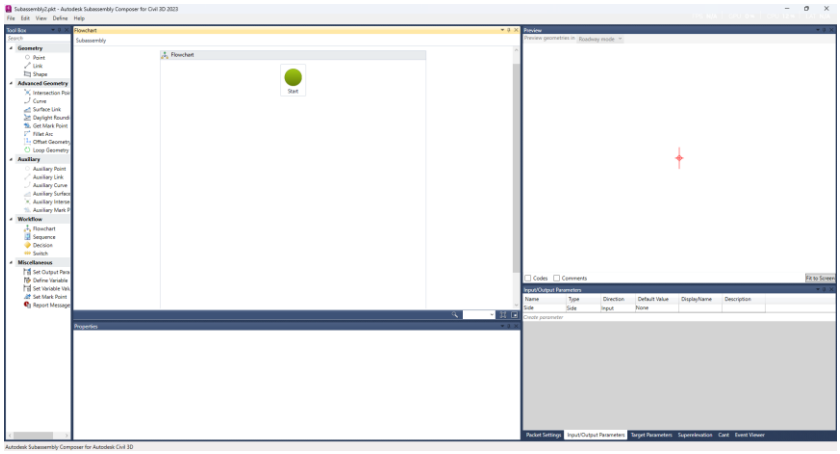
Langkah awal dari proses ini diawali dengan menyiapkan sketsa atau rancangan konseptual dari *SubAssembly* yang akan dibuat. Rancangan tersebut mencakup informasi geometri seperti lebar, elevasi, sudut kemiringan, serta hubungan antar elemen pembentuk komponen. Dalam perancangan ini juga diperhitungkan konsep dasar pengkodean, yakni *Point Code* s sebagai penanda titik koneksi atau referensi, *Link Code s* sebagai penghubung antar

titik, serta Shape *Code* s untuk mendefinisikan area tertutup yang merepresentasikan lapisan atau material konstruksi.

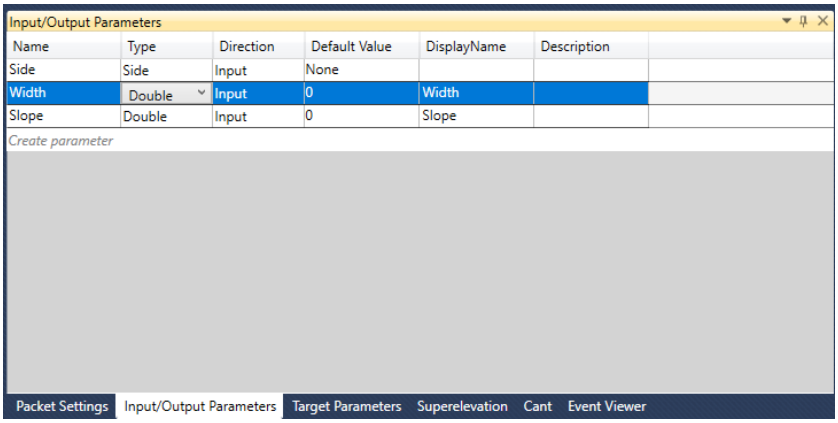
Pembuatan *SubAssembly* dimulai melalui aplikasi *SubAssembly Composer*. Pada tahap awal ini, Dalam tab *Input/Output Parameters*, dapat mendefinisikan sejumlah parameter (*input parameters*) yang dibutuhkan untuk mengatur fleksibilitas desain. Beberapa parameter umum yang digunakan antara lain:

- *Width* bertipe *Double*, yang berfungsi untuk menentukan lebar *SubAssembly*, misalnya untuk jalur kendaraan atau bahu jalan.
- *Slope* bertipe *Double*, yang digunakan untuk mengatur kemiringan elemen, seperti lereng tanggul atau kemiringan jalur.

Parameter-parameter ini bersifat dinamis dan dapat dimodifikasi sesuai dengan kebutuhan desain di lapangan, sehingga memberikan keleluasaan dalam pengaturan konfigurasi penampang jalan tanpa perlu membuat ulang *SubAssembly* dari awal. Oleh karena itu, *SubAssembly Composer* menjadi alat yang efektif dalam mendukung fleksibilitas desain jalan berbasis model tiga dimensi secara presisi dan efisien.



Gambar 4. 57 *SubAssembly Interface*

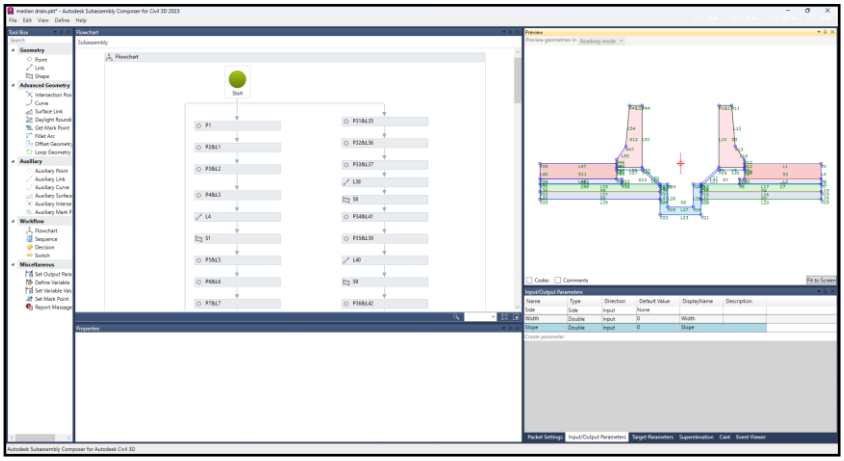


Gambar 4. 58 *Parameter SubAssembly Compposer*

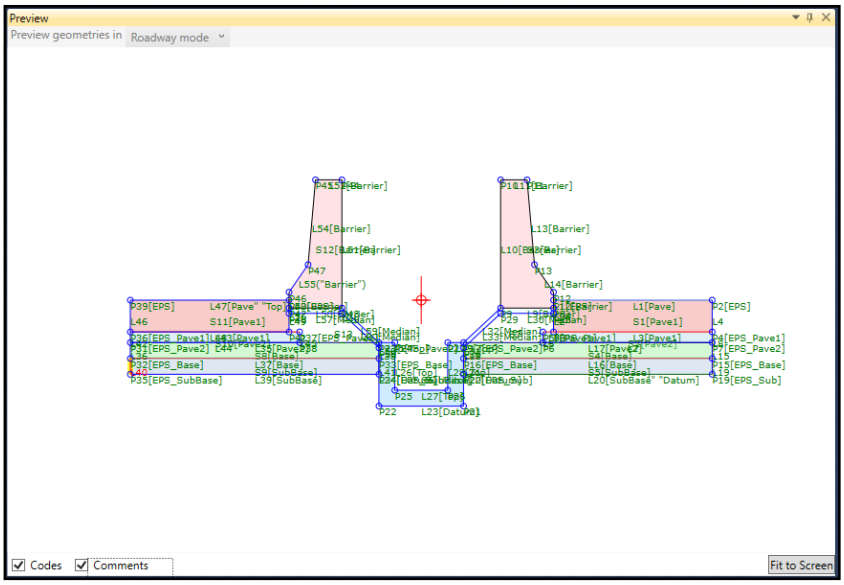
Setelah parameter masukan didefinisikan, langkah selanjutnya dalam pembuatan *SubAssembly* kustom adalah menyusun geometri dasar dari elemen yang dirancang. Proses ini dilakukan dengan memanfaatkan fitur *Points, Links*, dan *Shapes* yang tersedia dalam *SubAssembly Composer*. Ketiga fitur tersebut digunakan secara berurutan untuk membentuk representasi geometri dari *SubAssembly*, mulai dari titik referensi hingga area konstruksi yang akan dibentuk.

Proses dimulai dengan mendefinisikan titik awal (*origin Point*) sebagai referensi awal perhitungan geometrik, yang umumnya diletakkan pada koordinat (0,0) dan disebut sebagai P1. Titik ini berfungsi sebagai acuan untuk penggambaran elemen berikutnya. Selanjutnya, ditentukan titik kedua (P2) dengan posisi offset secara horizontal yang ditentukan oleh parameter *Width*, serta perbedaan elevasi yang dihitung berdasarkan parameter *Slope*. Dengan demikian, posisi P2 tergantung pada masukan lebar dan kemiringan yang telah ditentukan sebelumnya.

Setelah dua titik utama didefinisikan, hubungan linier antar titik tersebut dibentuk melalui elemen *Link*. Dalam hal ini, L1 berfungsi sebagai penghubung antara P1 dan P2, yang merepresentasikan garis lurus pada geometri penampang. *Link* ini juga dapat diberi kode atau properti tambahan seperti *Link Code* untuk mendefinisikan jenis material atau fungsi konstruksi pada bagian tersebut. Penyusunan geometri dengan pendekatan *Points* & *Link*s memberikan fleksibilitas dalam membentuk struktur *SubAssembly* yang sesuai dengan kebutuhan desain jalan secara modular dan parametrik.



Gambar 4. 59 *Point Link SubAssembly*



Gambar 4. 60 *Code SubAssembly Compposer*

Dalam *SubAssembly Composer*, elemen-elemen geometrik dasar seperti *Point*, *Link*, dan Shape memiliki peran penting dalam membangun model *SubAssembly* secara modular. Masing-masing elemen memiliki fungsi tersendiri dalam mendeskripsikan struktur penampang jalan secara rinci dan presisi.

Elemen *Point* berfungsi sebagai dasar koordinat dari setiap komponen *SubAssembly*. Titik ini merepresentasikan posisi dalam bidang dua dimensi dengan sistem koordinat (X,Y). Posisi titik dapat diatur secara dinamis berdasarkan parameter masukan yang telah didefinisikan sebelumnya. Pengelolaan logika posisi titik dilakukan melalui *Flowchart* Panel dalam *SubAssembly Composer*, di mana blok kode (*Code Block*) digunakan untuk mendefinisikan ekspresi matematika maupun logika kondisional. Kode tersebut ditulis dalam bahasa

pemrograman VB.NET, memungkinkan perhitungan koordinat berdasarkan lebar (*Width*), elevasi (*elevation*), maupun kemiringan (*slope*).

Setelah titik-titik geometri terbentuk, hubungan antar titik direpresentasikan melalui elemen *Link*. *Link* ini menghubungkan dua titik dan berfungsi sebagai garis pembentuk struktur, seperti permukaan perkerasan atau lereng galian. Setiap *Link* dapat diberi kode material untuk membedakan fungsi atau jenis konstruksi, misalnya aspal, tanah, atau beton. Pembentukan *Link* dilakukan menggunakan metode *Link*s.*Add*(), yang secara internal menciptakan sambungan linier antara dua titik tertentu.

Elemen terakhir adalah *Shape*, yang merupakan area tertutup yang dibentuk dari satu rangkaian *Link*. *Shape* digunakan untuk menggambarkan komponen struktural berbentuk bidang, seperti lapisan timbunan (*fill*), lapisan galian (*cut*), atau struktur perkerasan. Untuk membentuk Shape, terlebih dahulu didefinisikan urutan titik-titik yang membentuk poligon tertutup. Setelah itu, digunakan metode Shapes.Add() untuk merepresentasikan bidang tersebut secara utuh dalam model *SubAssembly*.

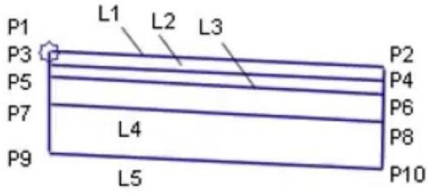
Kombinasi dari *Point*, *Link*, dan *Shape* memungkinkan perancang membentuk geometri *SubAssembly* yang kompleks, dinamis, dan sesuai dengan kebutuhan teknis, sekaligus mendukung interoperabilitas dengan pemodelan koridor di Autodesk Civil 3D.

Tabel 4. 35 *SubAssembly Code*

Point, Link & Shape	***Code***	***Description***
P1	Crown	*Crown Point on finish grade (optional)*
P2	ETW	*Inside edge of lane on finish grade*
P3	Crown_Pave1	*Crow Point on the Pave1 layer (optional)*
P4	ETW_Pave1	*Inside edge of lane on finish grade*
P5	Crown_Pave2	*Crown Point on the Pave2 layer (optional)*
P6	ETW_Pave2	*Inside edge of lane on Pave2*
P7	Crown_Base	*Crown Point on base grade (optional)*
P8	ETW_Base	*Inside edge of lane on Base*
P9	Crown_Sub	*Crown Point on subbase grade (optional)*
P10	ETW_Sub	*Inside edge of lae on Subbase*
L1	Top, Pave	*Finisih grade Surface*
L2	Pave1	*Pave1 Surface*
L3	Pave2	*Pave2 Surface*
L4	Base	*Base Surface*
L5	SubBase, Datum	*Subbase Surface*

Point, Link & Shape	*Code*	*Description*
S1	Pave1	*Area between finish grade and Pave1*
S2	Pave2	*Area between Pave1 and Pave2*
S3	Base	*Area between Pave2 and Base*
S4	SubBase	*Area between Base and Subbase*

(Sumber : Autodesk.com)

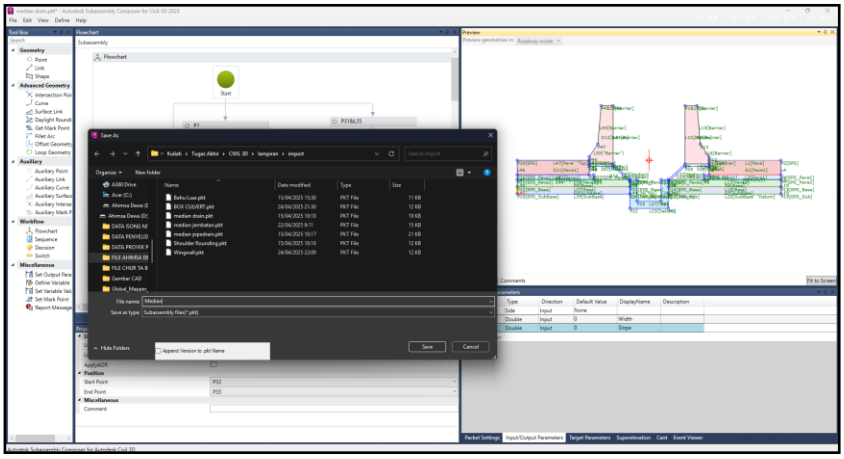


(Sumber : Autodesk.com)

Gambar 4. 61 *SubAssembly Point, Link and Shape Codes*

Sebagai fitur tambahan, *SubAssembly Composer* menyediakan kemampuan untuk menambahkan logika kondisional ke dalam struktur *SubAssembly*. Logika ini ditempatkan melalui tab *Flowchart*, dan berfungsi untuk menyesuaikan perilaku geometri *SubAssembly* berdasarkan kondisi tertentu. Misalnya, perubahan nilai parameter seperti lebar atau kemiringan dapat memicu perubahan bentuk atau posisi titik pada *SubAssembly*. Dengan demikian, logika kondisional memberikan fleksibilitas yang lebih tinggi dalam merespons variasi kondisi lapangan maupun spesifikasi teknis perencanaan jalan.

Setelah seluruh elemen, parameter, geometri, dan logika selesai dirancang, *SubAssembly* yang telah dibuat disimpan dalam format khusus dengan ekstensi .pkt (*packet file*). Format ini merupakan standar penyimpanan pada *SubAssembly Composer* yang memungkinkan file tersebut di*import* ke dalam Autodesk Civil 3D. Melalui proses penyimpanan ini, *SubAssembly* kustom yang telah dirancang akan tersedia di pustaka dan dapat digunakan pada tahap pembuatan koridor atau desain lanjutan lainnya dalam permodelan jalan berbasis BIM (*Building Information Modeling*).

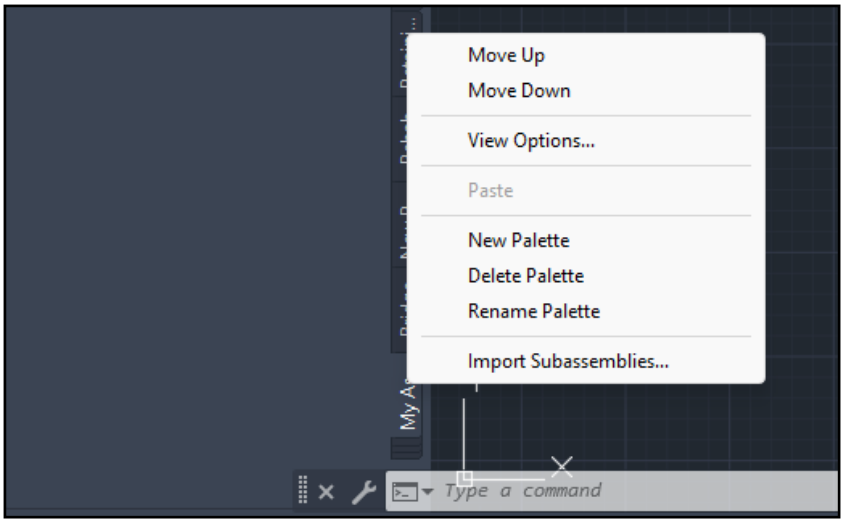


Gambar 4. 62 Permodelan Civil 3D "*Export SubAssembly"*

Setelah proses perancangan *SubAssembly* diselesaikan dan disimpan dalam format *.pkt*, tahapan berikutnya adalah melakukan peng*import*an file tersebut ke dalam lingkungan kerja Autodesk Civil 3D. Proses ini bertujuan agar *SubAssembly* kustom yang telah dibuat dapat digunakan sebagai bagian dari desain koridor jalan yang sedang dikembangkan.

Peng*import*an dilakukan melalui pustaka *Tool Palettes* pada Civil 3D. Di dalam palet ini, dapat mengelola berbagai jenis *SubAssembly* yang tersedia, termasuk menambahkan *SubAssembly* baru hasil rancangan dari *SubAssembly Composer*. File dengan ekstensi *.pkt* kemudian dimasukkan ke dalam sistem melalui fitur *import*, sehingga *SubAssembly* tersebut secara otomatis akan muncul di daftar pustaka dan siap digunakan dalam penyusunan *Assembly* dan pemodelan koridor jalan.

Dengan berhasilnya proses ini, maka *SubAssembly* kustom telah sepenuhnya terintegrasi ke dalam proyek permodelan Civil 3D, memungkinkan untuk mengaplikasikan desain penampang khusus secara konsisten di sepanjang jalur jalan yang direncanakan.



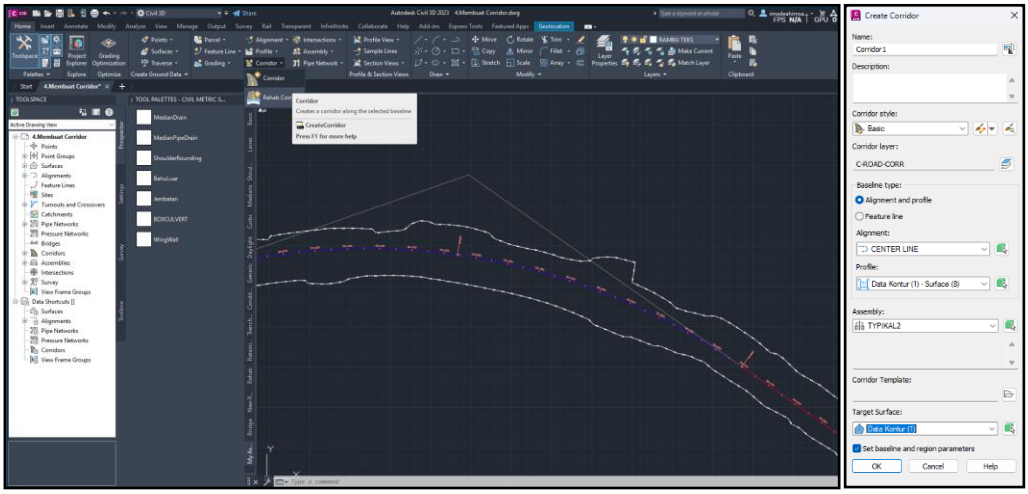
Gambar 4. 63 Permodelan Civil 3D "*Importt SubAssembly"*

4.3.5 Membuat Corridor

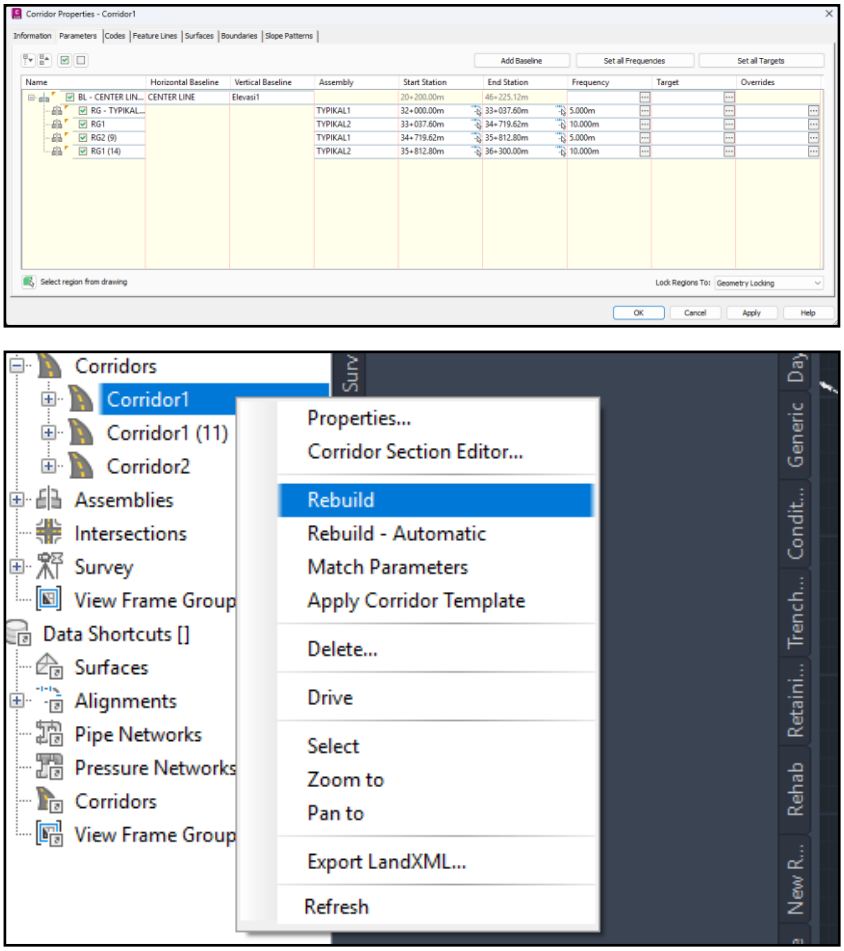
Pembuatan koridor dalam Autodesk Civil 3D merupakan tahapan inti dalam proses perancangan infrastruktur jalan yang menuntut pendekatan sistematis dan terstruktur. Model koridor mewakili integrasi tiga elemen utama, yaitu *alignment* sebagai sumbu horizontal proyek, *Profile* untuk merepresentasikan penampang vertikal, serta *Assembly* sebagai standar potongan melintang jalan. Ketiga komponen ini membentuk dasar dari model koridor yang akan dikembangkan sepanjang jalur perencanaan.

Tahapan pelaksanaan diawali dengan aktivasi fitur *Create Corridor* melalui antarmuka Civil 3D. Pada tahap ini, dilakukan pengisian parameter dasar, meliputi penamaan koridor serta pemilihan *alignment*, *Profile*, dan *Assembly* yang telah dirancang sebelumnya. Proses ini bertujuan untuk membangun hubungan geometris antara sumbu jalan, elevasi rencana, dan konfigurasi potongan melintang dalam satu kesatuan model tiga dimensi. Aspek penting yang perlu diperhatikan dalam pembuatan koridor adalah pengaturan *Target Mapping*, yaitu proses penyesuaian terhadap kondisi eksisting di lapangan. Terdapat tiga jenis target utama yang umumnya dikonfigurasi: *Surface target* untuk mengikuti elevasi tanah eksisting, *Width target* untuk menyesuaikan lebar jalan terhadap batas lahan, serta *elevation target* untuk penyesuaian vertikal berdasarkan kontur atau batas elevasi tertentu. Ketepatan dalam pengaturan target ini akan memengaruhi kesesuaian geometri jalan terhadap kondisi aktual.

Selain itu, konfigurasi *frequency* pada titik penempatan *Assembly* di sepanjang *alignment* juga berperan penting dalam akurasi pemodelan. Frekuensi standar umumnya dibedakan berdasarkan karakteristik lintasan, dengan *interval* sekitar 10 meter pada ruas lurus, 5 meter pada tikungan, dan 2 meter pada zona transisi. Pengaturan ini dimaksudkan untuk memberikan detail yang cukup dalam model, terutama pada area dengan perubahan geometri yang signifikan. Hasil dari pembuatan koridor dapat divalidasi melalui tampilan visual 3D serta *section views* pada lokasi-lokasi tertentu untuk memastikan kesesuaian antara desain dan realitas. Selanjutnya, koridor dapat diubah menjadi *corridor Surface* melalui menu properti, yang kemudian dapat digunakan untuk analisis lanjutan seperti perhitungan volume pekerjaan tanah (*cut and fill*) dan evaluasi teknis lainnya. Pendekatan dalam proses ini tidak hanya memastikan akurasi representasi desain, tetapi juga mendukung efisiensi dalam pengambilan keputusan teknis selama perencanaan dan pelaksanaan proyek infrastruktur jalan.



Gambar 4. 64 Permodelan Civil 3D *"Create Corridor"*

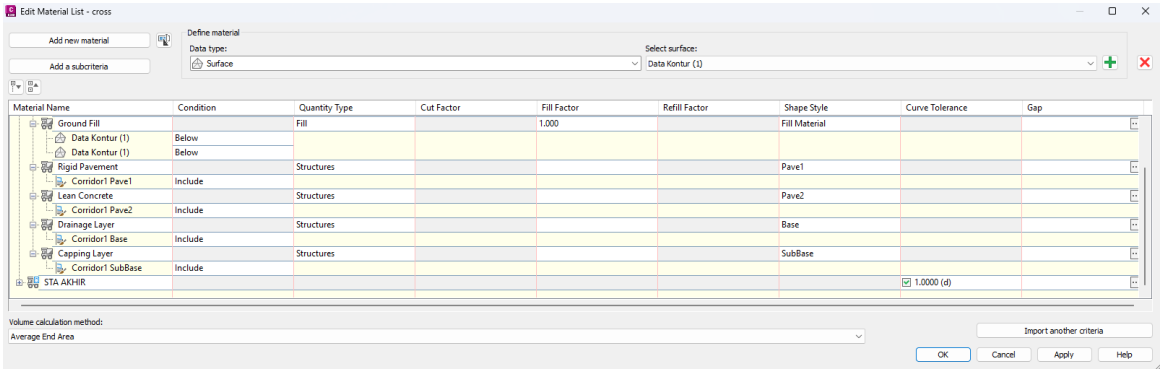


Gambar 4. 65 Permodelan Civil 3D *"Rebuild Corridor"*

4.3.6 5D Material Take-Off pada Civil 3D

Material Take-Off dapat dikeluarkan setelah pembuatan assembly dan corridor, pada assembly yang sudah dibuat shape yang termodelkan akan diberi material yang berfungsi untuk

memperoleh hasil nilai rekapitulasi yang dikeluarkan oleh Tabel Civil 3D, adapun rekapitulasi volume dari C3D terdapat pada Lampiran 5



Gambar 4. 66 Compute Material

Rigid Pavement			
Station	Area	Volume	Cumulative Volume
32+000.00	7.02	0.00	0.00
32+025.00	7.02	175.50	175.50
32+050.00	7.02	175.50	351.00
32+075.00	7.02	175.50	526.50
32+100.00	7.02	175.50	702.00
32+125.00	7.02	175.50	877.50
32+150.00	7.02	175.50	1053.00
32+175.00	7.02	175.50	1228.50
32+200.00	7.02	175.50	1404.00
32+225.00	7.02	175.50	1579.50
32+250.00	7.02	175.50	1755.00
32+275.00	7.02	175.50	1930.50
32+300.00	7.02	175.50	2106.00
32+325.00	7.02	175.50	2281.50
32+350.00	7.02	175.50	2457.00
32+375.00	7.02	175.50	2632.50
32+400.00	7.02	175.50	2808.00
32+425.00	7.02	175.50	2983.50
32+450.00	7.02	175.50	3159.00
32+475.00	7.02	175.50	3334.50

Gambar 4. 67 Quantity Take-Off Civil 3D

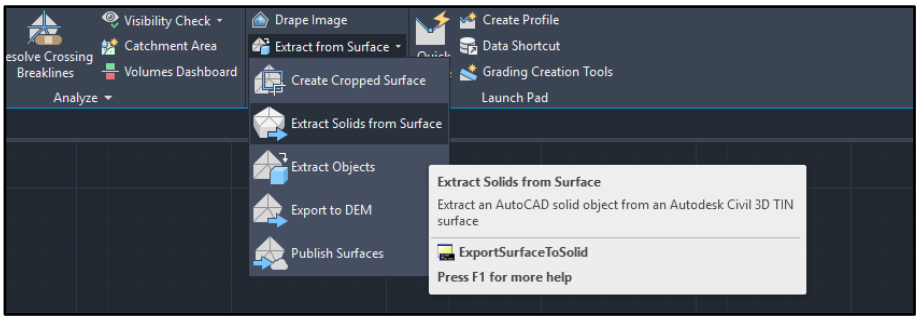
4.3.7 3D Solid Civil 3D

Pemodelan 3D Solid merupakan salah satu fitur penting dalam pengembangan model infrastruktur menggunakan perangkat lunak Autodesk Civil 3D. Objek 3D Solid adalah representasi tiga dimensi dari suatu elemen fisik yang memiliki bentuk tertutup dan volume yang dapat dihitung secara matematis. Dalam konteks rekayasa sipil, 3D Solid digunakan untuk

memvisualisasikan seperti *clearing*, galian, timbunan, badan jalan, dan perapihan lereng secara realistis. 3D Solid juga berfungsi untuk bisa membagi pekerjaan dan Zona untuk di export ke *Naviswork* sebagai Visualisasi 4D.

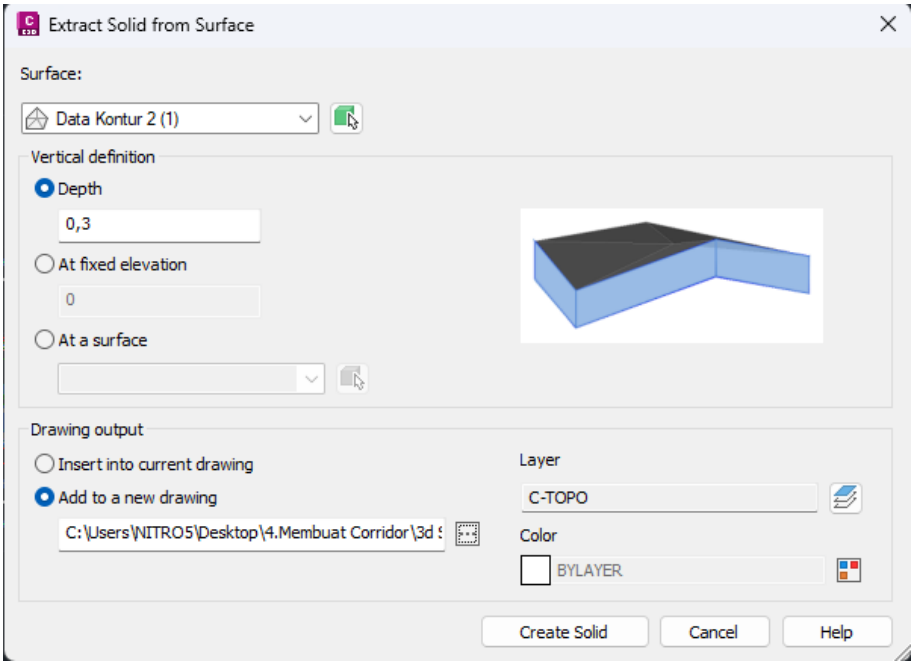
4.3.7.1 3D Solid *Clearing*

1. Memilih Surface
2. Kemudian memilih *Extract Solid form Surafce* pada *Toolbar*



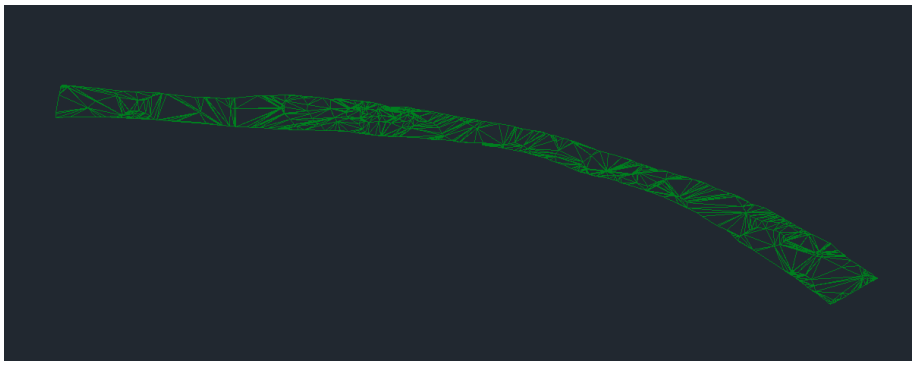
Gambar 4. 68 *Extract Solid form Surface (Clearing)*

3. Kemudian memilih kontur yang dipakai, dan memilih kedalaman 0,3m karena asumsi *clearing* adalah 30 cm. Untuk *Drawing Output* memilih memilih pada *Add to new drawing* agar tidak menimpa *file* sebelumnya.



Gambar 4. 69 Pengaturan *Extract Solid form Surface (Clearing)*

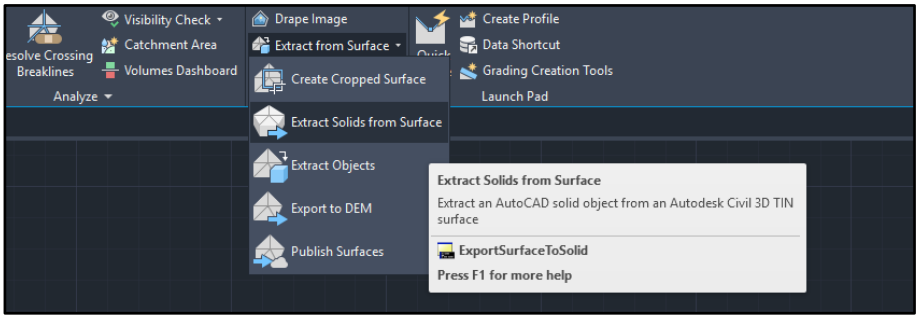
4. Membuka *file clearing* dan menampilakn permodelan untuk *clearing*



Gambar 4. 70 Model *3D Solid* dari *Clearing*

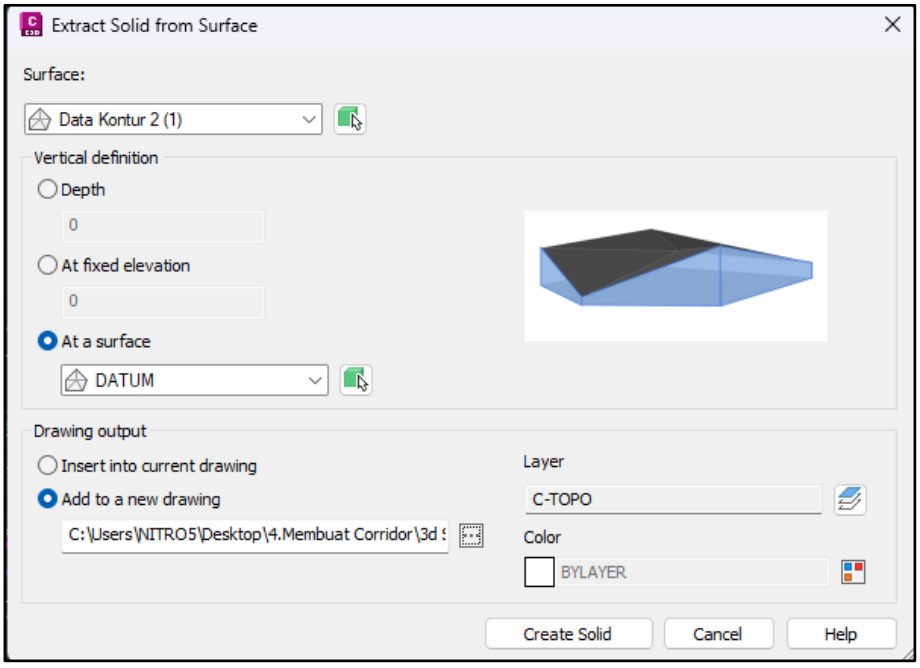
4.3.7.2 3D Solid Galian dan Timbunan

1. Memilih Surface
2. Kemudian memilih *Extract Solid form Surafce* pada *Toolbar*



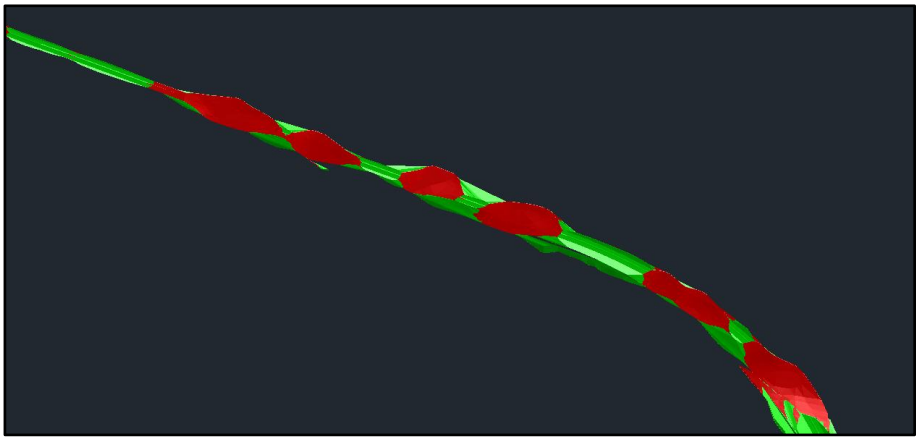
Gambar 4. 71 *Extract Solid form Surface (Cut and Fill)*

3. Kemudian memilih kontur yang dipakai, dan memilih kedalaman *At a surface* agar menyesuaikan ketinggian pada rencana jalannya. Untuk *Drawing Output* memilih memilih pada *Add to new drawing* agar tidak menimpa *file* sebelumnya.



Gambar 4. 72 Pengaturan *Extract Solid form Surface (Cut and Fill)*

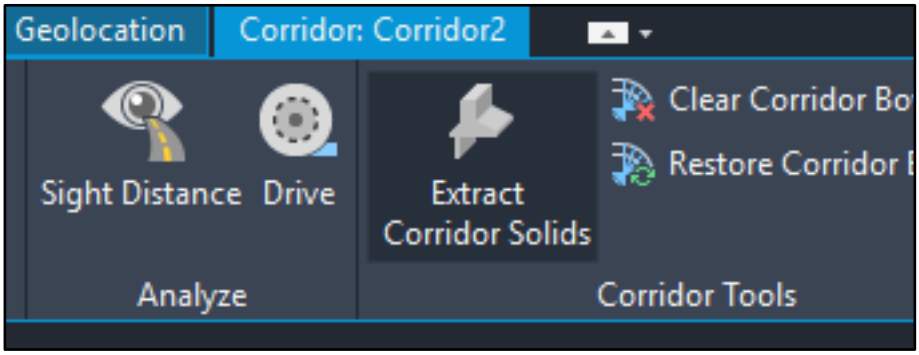
4. Membuka *file Cut and Fill* dan menampilakn permodelan untuk *Cut and Fill.* kemudian memberi warna pada *Properties,* warna merah untuk *Cut* dan warna hijau untuk *Fill.*



Gambar 4. 73 Model *3D Solid* dari *Cut and Fill*

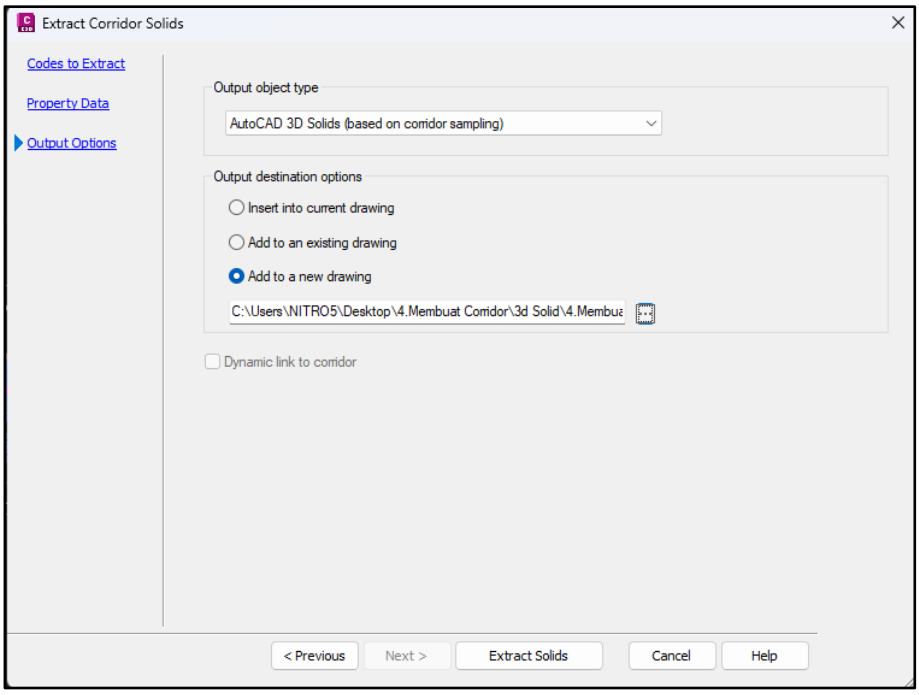
4.3.7.3 3D Solid Badan Jalan

1. Memilih *Corridor*
2. Kemudian memilih *Extract Corridor Solid* pada *Toolbar*



Gambar 4. 74 *Extract Corridor Solids*

3. Kemudian untuk *Drawing Output* memilih memilih pada *Add to new drawing* agar tidak menimpa *file* sebelumnya.



Gambar 4. 75 *Option Extract Corridor Solids*

4. Membuka *file Corridor* dan menampilakn permodelan untuk *Corridor.*

Gambar 4. 76 Model *3D Solid* dari *Corridor*

5. Kemudian menghapus Lereng dari *Corridor* dan akan menampilakn permodelan untuk Badan Jalan.

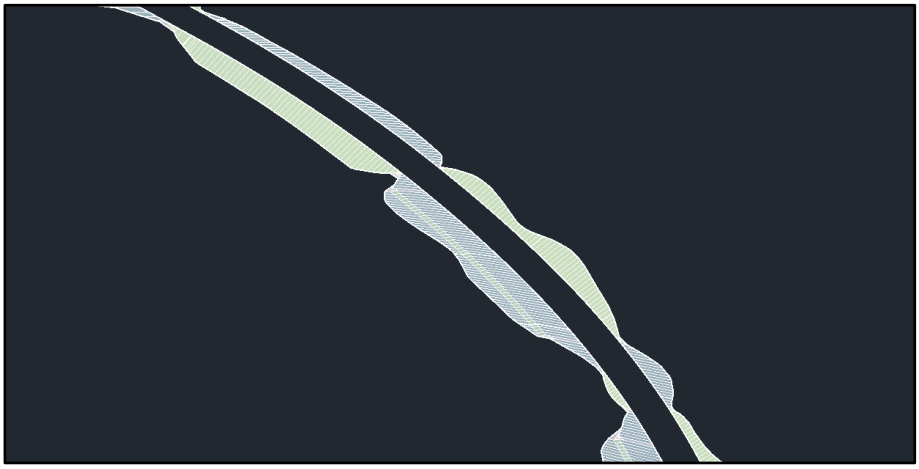
Gambar 4. 77 Model *3D Solid* dari Badan Jalan

4.3.7.4 3D Solid Perapihan Lereng

1. Membuka *file Corridor* dan menampilakn permodelan untuk *Corridor*

Gambar 4. 78 Model *3D Solid* dari *Corridor*

2. Kemudian menghapus Badan Jalan dari *Corridor* dan akan menampilakn permodelan untuk Perapihan Lereng.



Gambar 4. 79 Model *3D Solid* dari Perapihan Lereng

4.4 Permodelan Autodesk Revit

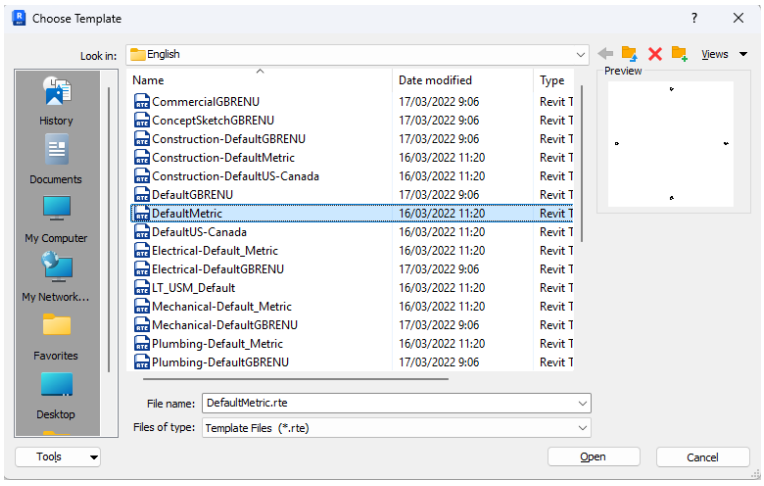
Permodelan menggunakan Autodesk Revit dilakukan untuk menyusun elemen bangunan secara terstruktur dalam bentuk model informasi bangunan (BIM). Tahapan permodelan dimulai dari pembuatan proyek 3D baru dan pengaturan level sebagai acuan vertikal bangunan. Selanjutnya dilakukan pembuatan atau impor komponen (family) yang dibutuhkan dalam desain. Proses dilanjutkan dengan membangun keseluruhan model proyek, termasuk permodelan detail seperti penulangan (rebar). Tahap penting lainnya adalah deteksi benturan

(clash detection) untuk mengidentifikasi konflik antarelemen, serta perhitungan kuantitas dan material melalui fitur 5D Quantity Take-Off. Seluruh tahapan ini bertujuan untuk menghasilkan model bangunan yang informatif, akurat, dan siap digunakan dalam proses koordinasi maupun pelaksanaan proyek.

4.4.1 Membuat 3D project model baru pada Autodesk revit

Tahapan awal dalam proses pemodelan informasi bangunan (*Building Information Modeling* / BIM) dengan Autodesk Revit dimulai dengan pembuatan model proyek baru. Pada tahap ini, dilakukan pemilihan berkas template yang disediakan oleh perangkat lunak. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan template ***"DefaultMetric.rte"*** sebagai dasar pemodelan.

Pemilihan template ini didasarkan pada pertimbangan kesesuaian dengan standar umum yang digunakan dalam berbagai proyek konstruksi. Template ***"DefaultMetric.rte"*** menyediakan satuan metrik yang relevan dengan kebutuhan teknis di Indonesia serta telah dilengkapi dengan elemen-elemen dasar yang diperlukan untuk proses pemodelan arsitektural dan struktural. Selain itu, template ini juga dikenal memiliki tingkat kompatibilitas tinggi dengan berbagai versi perangkat lunak Revit, sehingga memudahkan koordinasi lintas tim maupun komunikasi antar pemangku kepentingan (*stakeholder*) selama proses perencanaan dan pelaksanaan proyek.



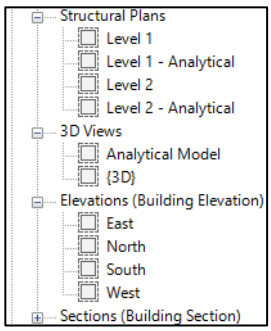
Gambar 4. 80 *"Default Metric"*

4.4.2 Membuat Level pada Revit

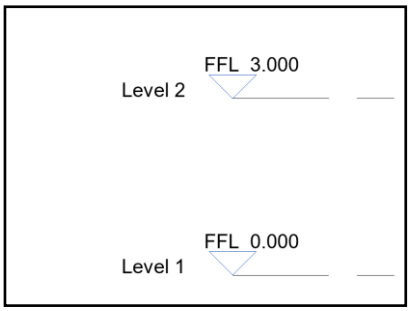
Dalam pemodelan bangunan berbasis *Building Information Modeling* (BIM) menggunakan Autodesk Revit, pengaturan ketinggian elemen menjadi aspek fundamental yang harus ditentukan sejak awal. Salah satu fitur utama yang digunakan untuk mengelola ketinggian vertikal adalah *Level Tool*. Alat ini berfungsi sebagai acuan elevasi bagi elemen-elemen

bangunan, baik yang memiliki ketinggian seragam maupun berbeda, serta menjadi landasan utama dalam organisasi vertikal seluruh model.

Pembuatan level umumnya dilakukan melalui tampilan elevasi, seperti tampak timur (*East Elevation*) atau tampak barat (*West Elevation*). Melalui tampilan ini, dapat mengatur posisi garis level secara visual. Proses dimulai dengan mengaktifkan *Level Tool* yang tersedia pada *tab Structure*, kemudian menentukan titik awal dan akhir garis level pada bidang kerja. Setelah garis level terbentuk, nilai elevasi dapat disesuaikan secara manual dengan memasukkan angka elevasi yang diinginkan.



Gambar 4. 81 Level Pada Revit



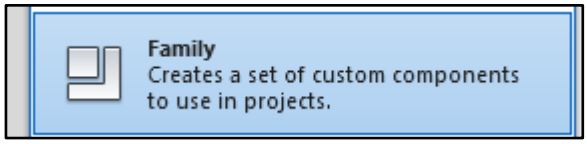
Gambar 4. 82 Elevation Level Revit

4.4.3 *Importt*/Membuat Family pada Revit

Dalam pemodelan informasi bangunan (*Building Information Modeling*) menggunakan Autodesk Revit, komponen *Family* memegang peran penting sebagai elemen yang merepresentasikan objek-objek bangunan dengan karakteristik geometris dan parametrik tertentu. *Family* digunakan secara luas, khususnya untuk elemen-elemen struktur yang memiliki variasi dalam ukuran, tinggi, maupun lebar, seperti pada komponen *Box culvert*, *Box underpass* untuk pejalan kaki, maupun elemen jembatan. Karena jenis elemen tersebut umumnya tidak tersedia secara langsung dalam template standar Revit, maka dibutuhkan proses pembuatan terlebih dahulu secara manual menggunakan fitur *Family Editor*.

Proses pengembangan *Family* dimulai dengan membuka tab *File* pada antarmuka Revit, kemudian memilih opsi pembuatan *family* baru dan menentukan jenis template yang sesuai dengan kebutuhan perancangan. Template yang digunakan bergantung pada tipe elemen yang akan dibuat, misalnya struktur beton pracetak, elemen dinding khusus, atau struktur bawah jembatan. Setelah template dipilih dan file disimpan, dilakukan pemodelan elemen struktur secara rinci di dalam lingkungan *Family Editor*, termasuk pengaturan parameter lebar, tinggi, dan material, sesuai dengan spesifikasi teknis.

Setelah proses pemodelan selesai, file *family* yang telah dibuat dapat diintegrasikan ke dalam proyek utama. Proses ini dilakukan melalui tab *Insert* dengan memilih fitur *Load Family*, lalu membuka file *family* yang telah disimpan sebelumnya. Setelah dimuat, elemen tersebut tersedia dalam pustaka proyek dan dapat digunakan langsung dalam pemodelan dengan fleksibilitas penuh sesuai parameter yang telah ditentukan. Dengan pendekatan ini, kebutuhan akan komponen struktur non-standar dalam proyek dapat terpenuhi secara efisien dan tetap konsisten dalam sistem koordinasi BIM.



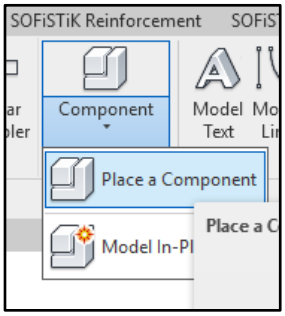
Gambar 4. 83 Family pada Revit

Gambar 4. 84 Tool Bar Family Revit

4.4.4 Permodelan Project Revit

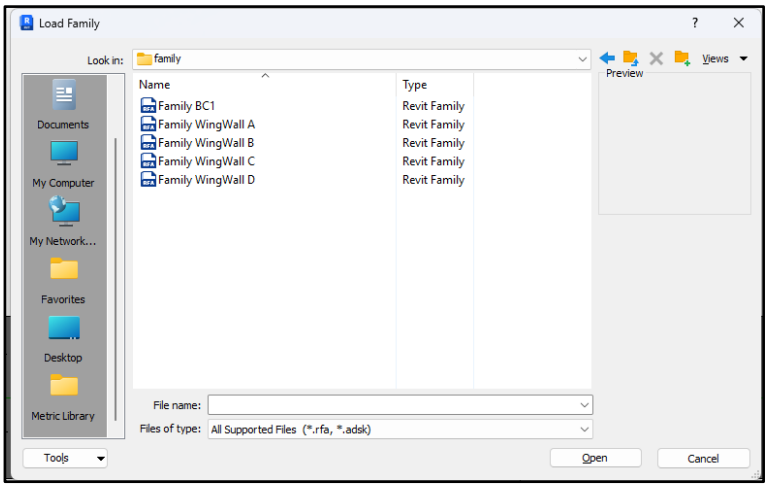
Setelah proses pemodelan Family selesai, tahap selanjutnya adalah memodelkan dan mengatur Family tersebut di dalam Project. Pada Tugas Akhir ini, pemodelan struktur mencakup *Box* Culvert, *Box* Underpass/Pedestrian, dan Jembatan yang merupakan bagian dari Proyek Pembangunan Jalan Tol Probolinggo–Banyuwangi Paket 3B Zona 2. Masing-masing struktur dimodelkan dalam Project terpisah, namun tetap mengacu pada titik koordinat yang diperoleh dari perangkat lunak Civil 3D.

1. Membuka Family yang telah dimodelkan sebelumnya



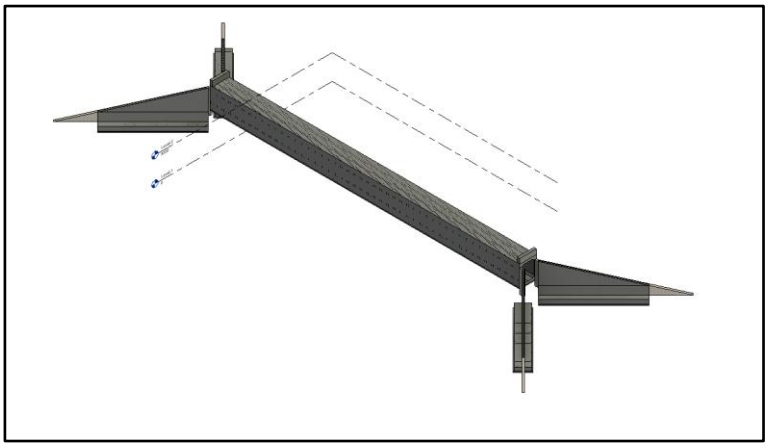
Gambar 4. 85 *Place Component*

2. File family yang telah dimodelkan

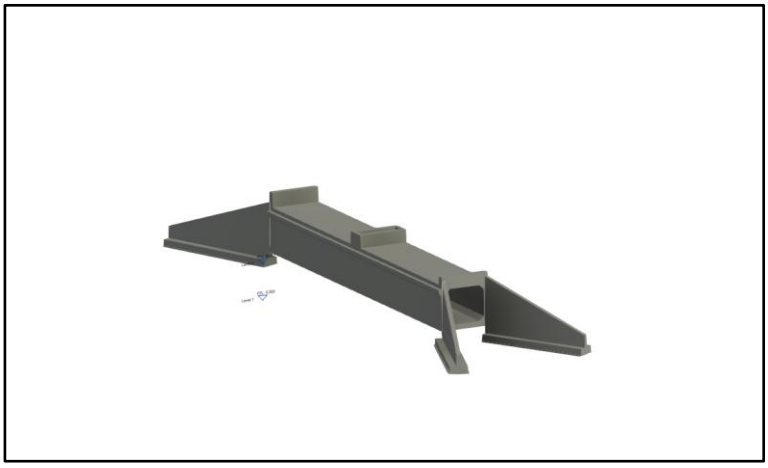


Gambar 4. 86 Load Family

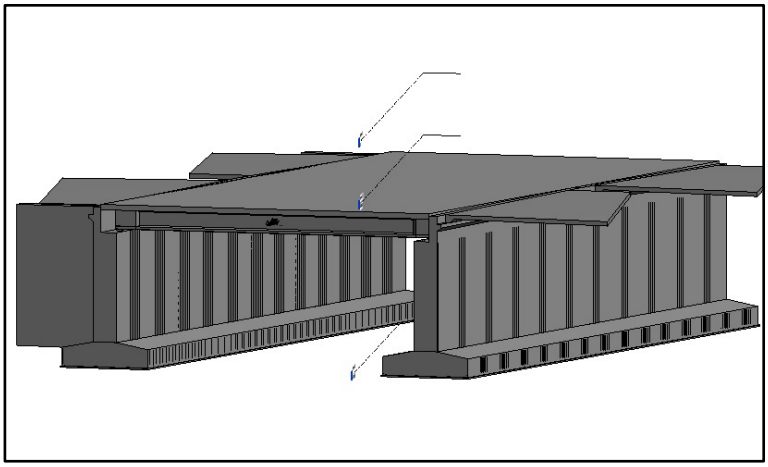
3. Family yang sudah dimodelkan lalu dibuka ke dalam File Project dan di jadikan satu kedalam satu project



Gambar 4. 87 Permodelan *Box* Culvert



Gambar 4. 88 Permodelan *Box* Under Pass



Gambar 4. 89 Permodelan Jembatan

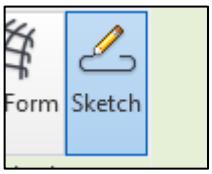
4.4.5 Permodelan Rebar pada Revit

Tulangan atau *rebar* merupakan komponen struktural penting dalam konstruksi beton bertulang, yang berfungsi untuk meningkatkan kekuatan tarik beton dan memastikan stabilitas struktural bangunan. Dalam konteks pemodelan berbasis *Building Information Modeling* (BIM) menggunakan Autodesk Revit, integrasi elemen *rebar* menjadi bagian penting dalam menciptakan model struktur yang lebih detail, akurat, dan sesuai dengan kondisi lapangan. Selain itu, pemodelan tulangan secara digital juga memfasilitasi koordinasi yang lebih baik antar pihak yang terlibat dalam proyek, mulai dari perencana hingga pelaksana lapangan.

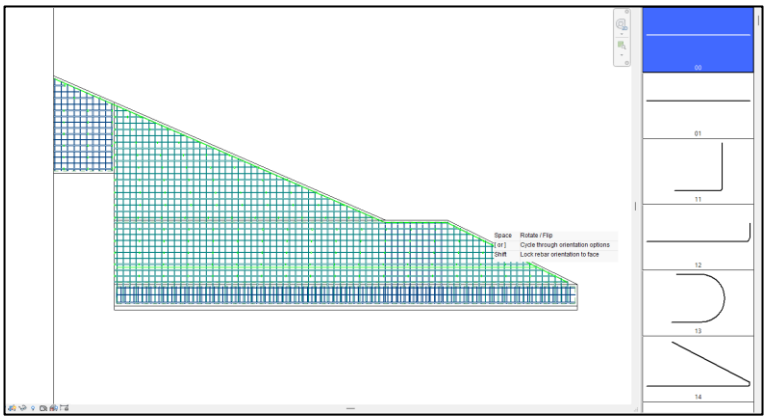
Proses pemodelan tulangan dimulai melalui *tab Structure* dengan mengakses fitur *Rebar*. Pada tahap awal ini, menentukan jenis *family* tulangan yang akan digunakan, yang dapat disesuaikan dengan spesifikasi proyek maupun standar teknis yang berlaku. Setelah itu, dilakukan pengaturan terhadap *cover* atau selimut beton, yaitu jarak antara permukaan beton dengan posisi

tulangan terluar, yang bertujuan untuk melindungi tulangan dari pengaruh lingkungan dan memastikan durabilitas struktur.

Tahap selanjutnya adalah pembuatan dan penyesuaian bentuk serta posisi tulangan di dalam elemen struktural. Autodesk Revit menyediakan dua metode utama dalam memodelkan *rebar*, yaitu metode *Sketch* dan *Aligned*. Metode *Sketch* digunakan ketika menggambar bentuk tulangan secara manual berdasarkan bidang potong tertentu, sedangkan metode *Aligned* digunakan untuk menyesuaikan bentuk tulangan dengan geometri elemen struktural secara otomatis. Pemilihan metode ini bergantung pada kompleksitas bentuk elemen dan kebutuhan perancangan.



Gambar 4. 90 *Rebar Sketch Revit*

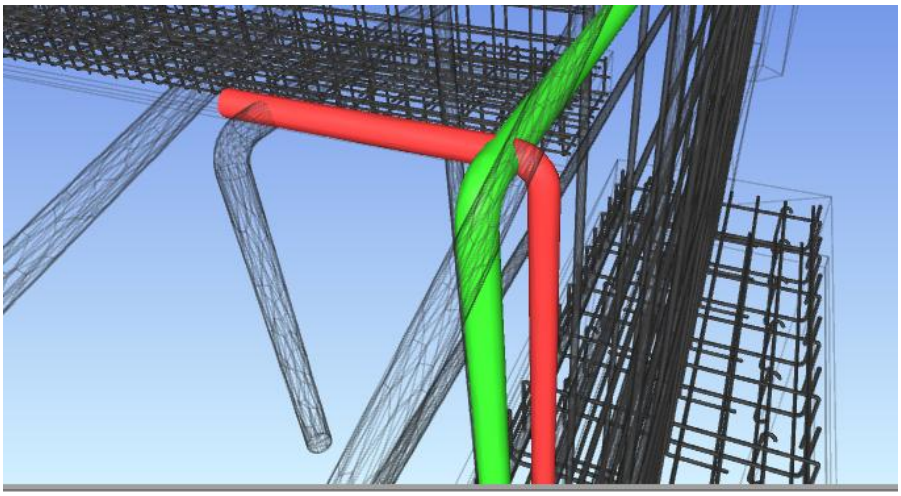


Gambar 4. 91 *Aligned Rebar Revit*

4.4.6 Clash Detection

Clash Detection merupakan tahapan penting dalam proses pemodelan berbasis *Building Information Modeling* (BIM) yang bertujuan untuk mengidentifikasi potensi tabrakan atau interferensi antar elemen bangunan sebelum tahap konstruksi dilaksanakan. Proses ini memiliki peran strategis dalam memastikan bahwa seluruh elemen yang dimodelkan dapat terpasang secara tepat tanpa menimbulkan konflik fisik di lapangan, yang berpotensi menyebabkan keterlambatan waktu pelaksanaan maupun peningkatan biaya akibat pekerjaan ulang (*rework*). Dalam implementasinya, identifikasi interferensi antar elemen struktural umumnya dilakukan menggunakan fitur *Interference Check* pada Autodesk Revit. Fitur ini memungkinkan untuk

melakukan pengecekan tabrakan antara dua kategori elemen, misalnya antara balok dengan dinding. Sementara itu, untuk pengecekan tabrakan yang lebih kompleks, terutama yang melibatkan elemen tulangan (*rebar*) atau koordinasi antar disiplin yang lebih luas, digunakan perangkat lunak Autodesk *Naviswork*s Manage**.**



Gambar 4. 92 Clash Detection

Efisiensi waktu ini terjadi karena BIM (Building Information Modeling) mampu secara proaktif mengidentifikasi dan memvisualisasikan potensi konflik atau benturan antar pekerjaan konstruksi sejak tahap perencanaan. Dengan adanya pemodelan 3D yang terintegrasi, setiap elemen pekerjaan—baik struktur, arsitektur, maupun mekanikal dan elektrikal—dapat dianalisis secara bersamaan. Hal ini memungkinkan tim proyek untuk mendeteksi tabrakan (*clash detection*), seperti tumpang tindih antara jalur pipa dengan balok struktur atau ruang instalasi dengan komponen arsitektural lainnya, sebelum pekerjaan fisik dimulai. Dengan demikian, konflik yang biasanya baru terungkap di lapangan dapat diminimalkan, sehingga proses konstruksi berjalan lebih lancar tanpa banyak penundaan akibat revisi desain atau pekerjaan ulang (*rework*). Pendekatan ini tidak hanya menghemat waktu tetapi juga mengurangi potensi pemborosan biaya.

- **Benturan antara Tulangan (Rebar Clash)**

  Dalam pemodelan struktur seperti pier head atau pier shaft, sering terjadi konflik antara penempatan besi tulangan vertikal dan horizontal yang terlalu rapat atau saling tumpang tindih, sehingga tidak mungkin dicor sesuai standar. BIM 3D mampu mendeteksi rebar clash ini secara visual.

- **Clash antara Pile Cap dan Pondasi (*Overlapping* Struktur Bawah)**

Pada area sempit seperti, pile cap dari dua struktur yang berdekatan (misalnya pilar jembatan dan abutment) bisa saling tumpang tindih. BIM memungkinkan deteksi ruang secara presisi agar desain ulang dapat dilakukan lebih awal.

- **Konflik pada Struktur Drainase**

  Dalam proyek jalan tol, struktur drainase seperti manhole bisa berada terlalu dekat atau bahkan memotong elemen struktur seperti balok pengaku (*sloof*). BIM dapat menunjukkan tabrakan ini dalam model gabungan.

- **Benturan antara Elastomeric Bearing**

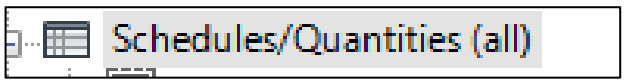
  Di jembatan tol, pemasangan bearing pad di atas pier head harus presisi. Clash bisa terjadi jika posisi anchor bolt terlalu dekat atau menabrak lokasi bearing. BIM memungkinkan pemodelan akurat hingga komponen kecil untuk mencegah kesalahan ini.

Semua jenis konflik ini jika tidak terdeteksi sejak dini dapat menyebabkan revisi desain, keterlambatan waktu, dan biaya tambahan. Dengan BIM, konflik struktur dapat diselesaikan secara digital sebelum konstruksi fisik dimulai.

4.4.7 5D *Quantity Take-Off* dan Material Take-Off pada Revit

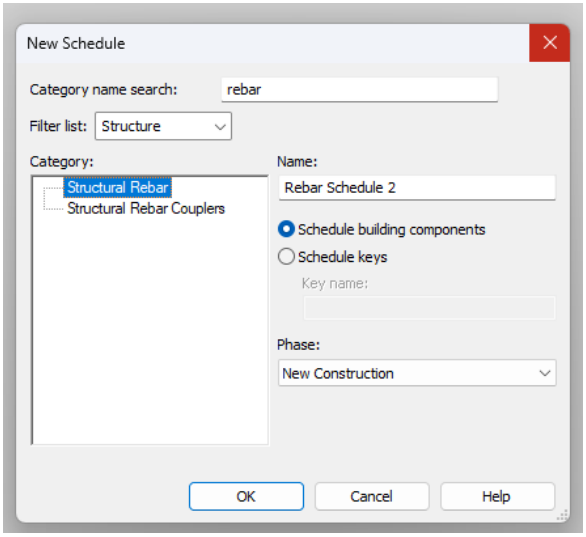
Setelah dilakukan pemodelan dan pengukuran, volume yang dihasilkan dari output Revit digunakan sebagai dasar untuk perhitungan biaya, estimasi, manajemen anggaran, pengadaan, serta perencanaan pelaksanaan konstruksi. Perbandingan antara metode BIM dan metode konvensional dalam perhitungan volume dapat menimbulkan perbedaan hasil. Rekapitulasi volume yang diperoleh melalui Revit dapat dilihat pada Lampiran 5.

1. Pada *Schedule/Quantites*



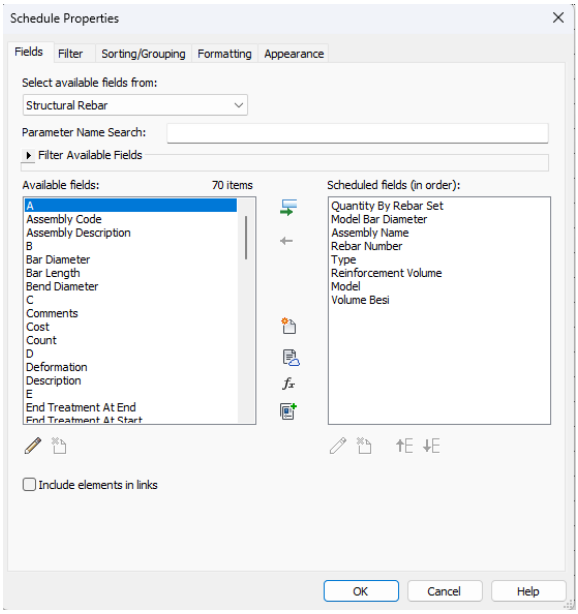
Gambar 4. 93 Schedules Tab

Pada kategori rebar memilih Struktural Rebar



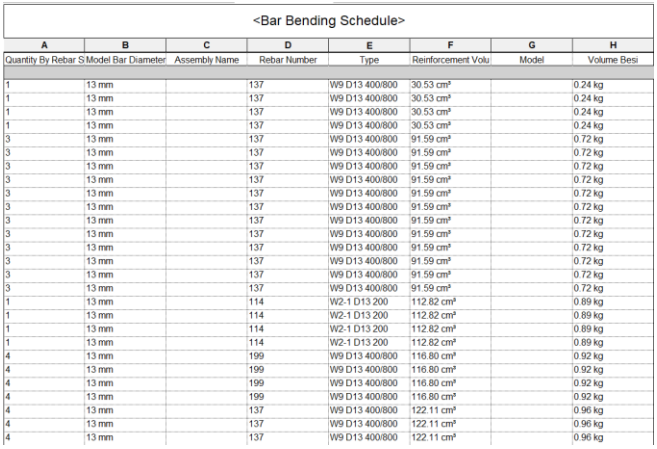
Gambar 4. 94 Struktural Rebar

2. Memilih schedule yang akan digunakan pada QTO untuk output dari Revit



Gambar 4. 95 Filter Schedule

3. Lalu BBS akan muncul sesuai Schedule yang telah dipilih.

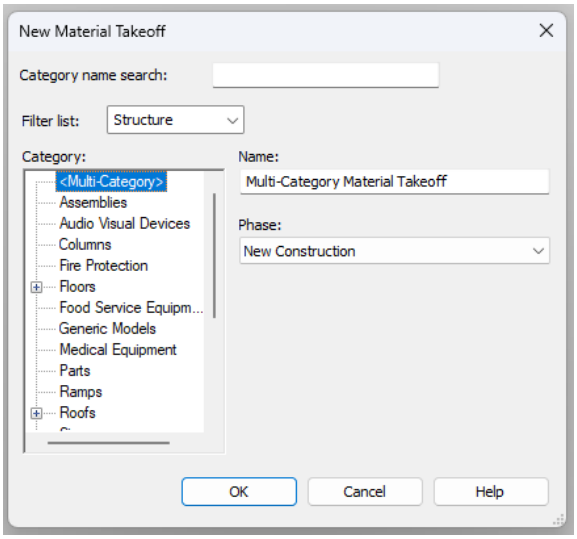


<Bar Bending Schedule>

A	B	C	D	E	F	G	H
Quantity By Rebar S	Model Bar Diameter	Assembly Name	Rebar Number	Type	Reinforcement Volu	Model	Volume Besi
1	13 mm		137	W9 D13 400/800	30.53 cm³		0.24 kg
1	13 mm		137	W9 D13 400/800	30.53 cm³		0.24 kg
1	13 mm		137	W9 D13 400/800	30.53 cm³		0.24 kg
1	13 mm		137	W9 D13 400/800	30.53 cm³		0.24 kg
3	13 mm		137	W9 D13 400/800	91.59 cm³		0.72 kg
3	13 mm		137	W9 D13 400/800	91.59 cm³		0.72 kg
3	13 mm		137	W9 D13 400/800	91.59 cm³		0.72 kg
3	13 mm		137	W9 D13 400/800	91.59 cm³		0.72 kg
3	13 mm		137	W9 D13 400/800	91.59 cm³		0.72 kg
3	13 mm		137	W9 D13 400/800	91.59 cm³		0.72 kg
3	13 mm		137	W9 D13 400/800	91.59 cm³		0.72 kg
3	13 mm		137	W9 D13 400/800	91.59 cm³		0.72 kg
3	13 mm		137	W9 D13 400/800	91.59 cm³		0.72 kg
3	13 mm		137	W9 D13 400/800	91.59 cm³		0.72 kg
3	13 mm		137	W9 D13 400/800	91.59 cm³		0.72 kg
1	13 mm		114	W2-1 D13 200	112.82 cm³		0.89 kg
1	13 mm		114	W2-1 D13 200	112.82 cm³		0.89 kg
1	13 mm		114	W2-1 D13 200	112.82 cm³		0.89 kg
1	13 mm		114	W2-1 D13 200	112.82 cm³		0.89 kg
4	13 mm		199	W9 D13 400/800	116.80 cm³		0.92 kg
4	13 mm		199	W9 D13 400/800	116.80 cm³		0.92 kg
4	13 mm		199	W9 D13 400/800	116.80 cm³		0.92 kg
4	13 mm		199	W9 D13 400/800	116.80 cm³		0.92 kg
4	13 mm		137	W9 D13 400/800	122.11 cm³		0.96 kg
4	13 mm		137	W9 D13 400/800	122.11 cm³		0.96 kg
4	13 mm		137	W9 D13 400/800	122.11 cm³		0.96 kg

Gambar 4. 96 Bar Bending Schedule

4. Pada kategori MTO, Multi Kategori dipilih karena beberapa struktur menggunakan family yang berbeda.



Gambar 4. 97 Kategori MTO

5. Lalu volume struktur beton akan keluar.

<Box Culvert 32+175>

A	B	C
Material: Volume	Type	Material: Name
78.95 m³	Badan Box	Beton Kelas C2
7.53 m³	Badan Box	Beton Kelas E
12.37 m³	WingWall	Beton Kelas C2
12.37 m³	WingWall	Beton Kelas C2
12.37 m³	WingWall	Beton Kelas C2
12.37 m³	WingWall	Beton Kelas C2
1.60 m³	WingWall	Beton Kelas E
1.60 m³	WingWall	Beton Kelas E
1.60 m³	WingWall	Beton Kelas E
1.60 m³	WingWall	Beton Kelas E

Gambar 4. 98 MTO pada Revit

4.5 Volume

4.5.1 Rekapitulasi Volume Konvensional

Tabel 4.36 di bawah menunjukkan perhitungan volume konvensional yang digunakan untuk menghitung estimasi volume pekerjaan. Rincian lebih lanjut terkait perhitungan volume dan kategori lainnya dapat ditemukan pada Lampiran 5, yang menyajikan reakpitulasi secara lengkap.

Tabel 4. 36 Rekapitulasi Volume Konvensional

NO	ITEM PEKERJAAN	SATUAN	VOLUME KONVEN
1	**PEKERJAAN PERSIAPAN**		
	Pembersihan Lahan STA 43+475 - 44+300 (825 M)	m^2	33423.62
2	**PEKERJAAN AT GRADE**		
	Pekerjaan Tanah		
	STA 32+000-32+450		
	Pekerjaan Penghamparan Timbunan Tanah	m^3	76899.08
	Pekerjaan Pemadatan Timbunan Tanah	m^3	76899.08
	STA 33+000-33+325		
	Pekerjaan Galian Tanah	m^3	14181.99
	Capping Layer STA 32+000 - 33+500 (1.500 M)		
	Penghamparan	m^3	8203.72

NO	ITEM PEKERJAAN	SATUAN	VOLUME KONVEN
	Pemadatan	m^3	8203.72
	Drainage Layer STA 32+000 - 33+500 (1.500 M)		
	Penghamparan	m^3	6772.50
	Pemadatan	m^3	6772.50
	Lean Concrete STA 44+300 - 44+500 (200 M)		
	Pengecoran LC Badan Jalan	m^3	476.00
	Rigid Pavement STA 32+000 - 33+500 (1.500 M)		
	Pengecoran Rigid Pavement Badan Jalan	m^3	10530.00
3	**PEKERJAAN BOX CULVERT**		
	STA 32+055		
	Pengecoran LC Badan Box	m^3	7.14
	Pembesian Badan Box	kg	10127.64
	Pemasangan Bekisting	m^2	249.97
	Pengecoran Badan Box	m^3	75.18
	Pembongkaran Bekisting Badan Box	m^2	249.97
	Pengecoran LC Wing Wall	m^3	6.41
	Pembesian Wing Wall	kg	2275.52
	Pemasangan Bekisting Wing Wall	kg	172.32
	Pengecoran Wing Wall Box C2	m^3	49.47
	Pembongkaran Bekisting Wing Wall	m^2	172.32
4	**PEKERJAAN BOX UNDERPASS**		
	STA 32+013		
	Pengecoran LC Badan Box	m^3	12.31
	Pembesian Badan Box	kg	15530.48
	Pemasangan Bekisting	m^2	527.78
	Pengecoran Badan Box C2	m^3	168.67
	Pembongkaran Bekisting Badan Box	m^2	527.78
	Pengecoran LC Wing Wall	m^3	6.52
	Pembesian Wing Wall	kg	10247.82
	Pemasangan Bekisting Wing Wall	kg	192.10
	Pengecoran Wing Wall Box C2	m^3	68.99
	Pembongkaran Bekisting Wing Wall	m^2	192.10
5	**PEKERJAAN BOX PEDESTRIAN**		
	STA 34+736		
	Pengecoran LC Badan Box	m^3	6.90
	Pembesian Badan Box	kg	106774.57

NO	ITEM PEKERJAAN	SATUAN	VOLUME KONVEN
	Pemasangan Bekisting	m^3	1205.25
	Pengecoran Badan Box C2	m^2	72.67
	Pembongkaran Bekisting Badan Box	m^3	1205.25
	Pengecoran LC Wing Wall	kg	6.41
	Pembesian Wing Wall	kg	14951.95
	Pemasangan Bekisting Wing Wall	m^3	422.87
	Pengecoran Wing Wall Box C2	m^2	49.47
	Pembongkaran Bekisting Wing Wall	m^2	422.87
5	**PEKERJAAN JEMBATAN**		
	Pekerjaan Pondasi Boredpile		
	A1		
	Pengeboran Titik Borepile dan Pasang Casing	Titik	68.00
	Fabrikasi Pembesian	kg	128562.84
	Pemasangan Pembesian	kg	128562.84
	Pengecoran	m^3	649.10
	Pembobokan Borepile	m^3	51.27
	Pekerjaan Lantai Kerja		
	A1		
	Pemasangan Bekisting	m^2	10.34
	Pengecoran Lean Concrete	m^3	32.28
	Pembongkaran Bekisting	m^2	10.34
	Pekerjaan Pile Cap		
	A1		
	Pembesian Pilecap	kg	79654.37
	Pemasangan Bekisting	m^2	221.31
	Pengecoran Pilecap	m^3	635.78
	Pembongkaran Bekisting	m^2	221.31
	Pekerjaan Abutment		
	A1		
	Pembesian Abutment	kg	68681.14
	Pemasangan Bekisting	m^2	1119.04
	Pengecoran	m^3	998.28
	Pembongkaran Bekisting	m^2	1119.04
	Pekerjaan Wing Wall		
	A1		
	Pembesian Wing Wall	kg	30734.44
	Pemasangan Bekisting	m^2	451.01

NO	ITEM PEKERJAAN	SATUAN	VOLUME KONVEN
	Pengecoran	m^3	102.02
	Pembongkaran Bekisting	m^2	451.01
	Pekerjaan Plat Injak		
	A1		
	Pembesian Plat Injak	kg	18585.30
	Pemasangan Bekisting	m^2	32.38
	Pengecoran	m^3	85.33
	Pembongkaran Bekisting	m^2	32.38
	Pekerjaan Girder & Bearing Pad		
	Pemasangan Bearing Pad	bh	24.00
	Pemasangan Girder	bh	12.00
	Pekerjaan Diafragma		
	Pembesian Diafragma	kg	43066.38
	Pemasangan Bekisting	m^2	90.96
	Pengecoran	m^3	34.17
	Pembongkaran Bekisting	m^2	90.96
	Pekerjaan Slab		
	Pembesian Slab	kg	35028.18
	Pemasangan Bekisting	m^2	315.84
	Pengecoran	m^3	168.21

4.5.2 Rekapitulasi Volume BIM

Tabel 4.37 dibawah menunjukkan perhitungan volume konvensional yang digunakan untuk menghitung estimasi volume pekerjaan. Rincian lebih lanjut terkait perhitungan volume dan kategori lainnya dapat ditemukan pada Lampiran 5, yang menyajikan reakpitulasi secara lengkap.

Tabel 4. 37 Rekapitulasi Volume BIM

NO	ITEM PEKERJAAN	SATUAN	VOLUME BIM
1	**PEKERJAAN PERSIAPAN**		
	Pembersihan Lahan STA 43+475 - 44+300 (825 M)	m^2	33423.62
2	**PEKERJAAN AT GRADE**		
	Pekerjaan Tanah		
	STA 32+000-32+450		

NO	ITEM PEKERJAAN	SATUAN	VOLUME BIM
	Pekerjaan Penghamparan Timbunan Tanah	m^3	77668.07
	Pekerjaan Pemadatan Timbunan Tanah	m^3	77668.07
	STA 33+000-33+325		
	Pekerjaan Galian Tanah	m^3	14323.81
	Capping Layer STA 32+000 - 33+500 (1.500 M)		
	Penghamparan	m^3	8203.72
	Pemadatan	m^3	8203.72
	Drainage Layer STA 32+000 - 33+500 (1.500 M)		
	Penghamparan	m^3	6516.00
	Pemadatan	m^3	6516.00
	Lean Concrete STA 44+300 - 44+500 (200 M)		
	Pengecoran LC Badan Jalan	m^3	506.00
	Rigid Pavement STA 32+000 - 33+500 (1.500 M)		
	Pengecoran Rigid Pavement Badan Jalan	m^3	10530.00
3	**PEKERJAAN BOX CULVERT**		
	STA 32+055		
	Pengecoran LC Badan Box	m^3	7.21
	Pembesian Badan Box	kg	10404.05
	Pemasangan Bekisting	m^2	249.97
	Pengecoran Badan Box	m^3	75.62
	Pembongkaran Bekisting Badan Box	m^2	249.97
	Pengecoran LC Wing Wall	m^3	6.40
	Pembesian Wing Wall	kg	2275.52
	Pemasangan Bekisting Wing Wall	kg	172.32
	Pengecoran Wing Wall Box C2	m^3	49.48
	Pembongkaran Bekisting Wing Wall	m^2	172.32
4	**PEKERJAAN BOX UNDERPASS**		
	STA 32+013		
	Pengecoran LC Badan Box	m^3	12.34
	Pembesian Badan Box	kg	14254.83
	Pemasangan Bekisting	m^2	527.78
	Pengecoran Badan Box C2	m^3	172.48
	Pembongkaran Bekisting Badan Box	m^2	527.78
	Pengecoran LC Wing Wall	m^3	6.52
	Pembesian Wing Wall	kg	10247.82
	Pemasangan Bekisting Wing Wall	kg	192.10

NO	ITEM PEKERJAAN	SATUAN	VOLUME BIM
	Pengecoran Wing Wall Box C2	m^3	67.00
	Pembongkaran Bekisting Wing Wall	m^2	192.10
5	**PEKERJAAN BOX PEDESTRIAN**		
	STA 34+736		
	Pengecoran LC Badan Box	m^3	6.97
	Pembesian Badan Box	kg	106774.57
	Pemasangan Bekisting	m^3	1205.25
	Pengecoran Badan Box C2	m^2	73.09
	Pembongkaran Bekisting Badan Box	m^3	1205.25
	Pengecoran LC Wing Wall	kg	6.41
	Pembesian Wing Wall	kg	14951.95
	Pemasangan Bekisting Wing Wall	m^3	422.87
	Pengecoran Wing Wall Box C2	m^2	49.47
	Pembongkaran Bekisting Wing Wall	m^2	422.87
5	**PEKERJAAN JEMBATAN**		
	Pekerjaan Pondasi Boredpile		
	A1		
	Pengeboran Titik Borepile dan Pasang Casing	Titik	68.00
	Fabrikasi Pembesian	kg	128562.84
	Pemasangan Pembesian	kg	128562.84
	Pengecoran	m^3	629.63
	Pembobokan Borepile	m^3	51.27
	Pekerjaan Lantai Kerja		
	A1		
	Pemasangan Bekisting	m^2	10.34
	Pengecoran Lean Concrete	m^3	31.31
	Pembongkaran Bekisting	m^2	10.34
	Pekerjaan Pile Cap		
	A1		
	Pembesian Pilecap	kg	79654.37
	Pemasangan Bekisting	m^2	221.31
	Pengecoran Pilecap	m^3	616.71
	Pembongkaran Bekisting	m^2	221.31
	Pekerjaan Abutment		
	A1		
	Pembesian Abutment	kg	68681.14

NO	ITEM PEKERJAAN	SATUAN	VOLUME BIM
	Pemasangan Bekisting	m^2	1119.04
	Pengecoran	m^3	968.33
	Pembongkaran Bekisting	m^2	1119.04
	Pekerjaan Wing Wall		
	A1		
	Pembesian Wing Wall	kg	30734.44
	Pemasangan Bekisting	m^2	451.01
	Pengecoran	m^3	98.96
	Pembongkaran Bekisting	m^2	451.01
	Pekerjaan Plat Injak		
	A1		
	Pembesian Plat Injak	kg	18585.30
	Pemasangan Bekisting	m^2	32.38
	Pengecoran	m^3	82.77
	Pembongkaran Bekisting	m^2	32.38
	Pekerjaan Girder & Bearing Pad		
	Pemasangan Bearing Pad	bh	24.00
	Pemasangan Girder	bh	12.00
	Pekerjaan Diafragma		
	Pembesian Diafragma	kg	43066.38
	Pemasangan Bekisting	m^2	90.96
	Pengecoran	m^3	33.14
	Pembongkaran Bekisting	m^2	90.96
	Pekerjaan Slab		
	Pembesian Slab	kg	35028.18
	Pemasangan Bekisting	m^2	315.84
	Pengecoran	m^3	163.17

4.5.3 Deviasi Volume Konvensional – BIM

Tabel 4.38 menunjukkan perbandingan volume pekerjaan antara metode konvensional dan metode Building Information Modeling (BIM). Dari data tersebut terlihat bahwa terdapat beberapa item pekerjaan yang mengalami deviasi volume cukup signifikan. Pekerjaan galian tanah menunjukkan deviasi tertinggi sebesar 13%, disusul oleh timbunan tanah dengan deviasi 10%. Volume capping layer memiliki selisih sebesar 7%, sementara item lainnya seperti *drainage layer* dan beton B menunjukkan deviasi yang relatif kecil, masing-masing sebesar 1% dan 3%. Adapun pekerjaan beton lainnya (C2, C2-1, E, dan P) serta volume besi tidak

menunjukkan perbedaan signifikan antara kedua metode, dengan deviasi 0%. Hasil ini mengindikasikan bahwa penerapan metode BIM dapat memberikan estimasi volume yang lebih terukur dan rinci, terutama pada pekerjaan tanah dan lapisan awal konstruksi.

Tabel 4. 38 Deviasi Volume Koenvisonal dan BIM

ITEM	SATUAN	KONVENSINAL	BIM	DEVIASI
Galian Tanah	m3	870263	878966	1,00%
Timbunan Tanah	m3	907345	911476	0,46%
Volume Capping Layer	m3	30698	30698	0,00%
Volume Drainage Layer	m3	26187	25931	0,98%
Volume Beton B	m3	5582	5414	3,00%
Volume Beton C2	m3	3953	3946	0,18%
Volume Beton C2-1	m3	7961	7946	0,19%
Volume Beton E	m3	740	744	0,52%
Volume Beton P	m3	40716	40716	0,00%
Volume Besi	kg	323688	323713	0,01%

4.6 Produktivitas dan Rencana Anggaran Pelaksanaan

Produktivitas pekerjaan pada proyek konstruksi mengacu pada efisiensi dalam menyelesaikan pekerjaan yang diukur berdasarkan hasil yang dicapai dalam waktu tertentu. Faktor yang mempengaruhi produktivitas meliputi tenaga kerja, peralatan, dan metode kerja. Produktivitas yang tinggi dapat mempercepat penyelesaian proyek dan mengendalikan biaya, sedangkan produktivitas yang rendah dapat menyebabkan keterlambatan dan pembengkakan biaya.

4.6.1 Produktivitas dan Rencana Anggaran Pelaksanaan pada *At Grade*

Produktivitas pekerjaan jalan merupakan ukuran seberapa cepat suatu tahapan konstruksi jalan dapat diselesaikan dalam satuan waktu tertentu. Pekerjaan jalan umumnya terdiri dari beberapa tahapan berurutan, mulai dari pembersihan lahan (*clearing*), galian dan timbunan, pembuatan capping layer, pemasangan *drainage layer*, pengecoran *lean concrete*, hingga pengecoran *rigid pavement*. Setiap tahapan memiliki karakteristik produktivitas tersendiri yang dipengaruhi oleh jenis pekerjaan, kondisi lapangan, kapasitas alat, serta jumlah dan keahlian tenaga kerja. Pemantauan produktivitas menjadi penting agar pekerjaan berjalan sesuai jadwal dan efisien secara biaya.

4.6.1.1 Pembersihan Tempat Kerja

Pekerjaan pembersihan area kerja adalah langkah pertama sebelum memulai aktivitas konstruksi utama. Tahapan ini meliputi pembersihan lokasi dari semak, sampah, material yang tidak terpakai, serta halangan lainnya yang dapat menghambat proses pembangunan. Pembersihan dilakukan dengan menggunakan alat berat. Tujuan utama dari pekerjaan ini adalah untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman, terorganisir, dan siap untuk mendukung tahap konstruksi selanjutnya, seperti pengukuran dan penggalian. Produktivitas pekerjaan ini bergantung pada luas area yang dibersihkan dan alat yang digunakan. Alat yang digunakan *excavator, Dump Truck, Bulldozer* dan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar PERMENPUPR NO. 1 Tahun 2022 .Berikut adalah perhitungan produktivitas alat berat dalam pekerjaan pembersihan area kerja.

a. *Excavator*

- Kapasitas bucket (V) $=0{,}93\ (m^3)$
- Faktor efesiensi alat (Fa) $=0{,}83$
- Faktor Konversi (Fv) $=1{,}1$
- Waktu Siklus (TS1) $= \frac{20}{60}$
  $= 0{,}333\ (\text{menit})$
- Kapasitas Produktivitas $\left(\frac{V \times Fa \times 60}{Ts \times Fv \times t}\right)$ (Q1) $= \frac{0{,}93 \times 0{,}83 \times 60}{0{,}333 \times 1{,}1 \times 0{,}3}$
  $= 442{,}0882\ (\text{Asli})$
- Kapasitas Produktivitas $\left({}^{Q1}/_{Fk}\right)$ $= \frac{442{,}0882}{1{,}43}$
  $= 309{,}1526\ (\text{Lepas})$
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q1}\right)$ $= 0{,}0032\ (\text{Jam})$

b. *Dump Truck*

- Kapasitas bak (V) $=15\ (\text{Ton})$
- Faktor efesiensi alat (Fa) $=0{,}83$
- Kecepatan rata – rata bermuatan (v1) $=20\ (\text{Km/Jam})$
- Kecepatan rata – rata kosong (v2) $=40\ (\text{Km/Jam})$

- Waktu muat $\left(\frac{V\times60}{D\times Q1}\right)$ (T1) $=\frac{15\times60}{1{,}1\times442{,}0882}$
  $= 6{,}2$ (Menit)
- Waktu Tempuh Isi $\left(\frac{L}{v1}\times 60\right)$ (T2) $=\frac{3}{20}\times 60$
  $= 9$ (Menit)
- Waktu Tempuh Kosong $\left(\frac{L}{v2}\times 60\right)$ (T3) $=\frac{3}{40}\times 60$
  $= 4{,}5$ (Menit)
- Lain – lain (T4) $= 0{,}5$ (Menit)
- Waktu Siklus $(T1 + T2 + T3 + T4)$ (TS2) $=6{,}2 + 9 + 4{,}5 + 0{,}5$
  $= 20{,}2114$ (Menit)
- Kapasitas Produktivitas $\left(\frac{V\times Fa\times60}{Ts\times D\times t}\right)$ (Q2) $=\frac{15\times0{,}83\times60}{20{,}2114\times1{,}1\times0.3}$
  $= 112{,}7668$ (Asli)
- Kapasitas Produktivitas $\left({}^{Q2}/_{Fk}\right)$ $=\frac{112{,}7668}{1{,}43}$
  $= 78{,}8579$ (Lepas)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q2}\right)$ $= 0{,}0127$ Jam

c. *Bulldozer*

- Panjang Penghamparan (Lh) =30 m
- Lebar Penghamparan (Bh) =7,2 m
- Lebar Pisau Efektif (b) =3 m
- Kapasitas Blade (q) $= 7{,}8$ m^3
- Faktor Efisiensi Alat (Fa) $= 0{,}83$
- Faktor Blade (Fb) $= 1$
- Lebar Overlap (bo) $= 0{,}3$
- Jumlah Lintasan (n) $= 3$ (Lintasan)
- Jumlah Pengupasan Tiap Lintasan (N) $= 3$ (Kali)
- Kecepatan Rata – Rata Alat Mendorong (v1) $= 3$ (Km/Jam)
- Kecepatan Rata – Rata Alat Mundur (v2) $= 4$ (Km/Jam)
- Perataan 1 Kali Lintasan (Maju) $\left(\frac{Lh\times60}{v1\times1000}\right)$ (T1) $=\frac{30\times60}{3\times1000}$
  $= 0{,}6$ (Menit)

- Perataan 1 Kali Lintasan (Mundur) $\left(\frac{Lh \times 60}{v1 \times 1000}\right)$ (T2) $= \frac{30 \times 60}{4 \times 1000}$
  $= 0{,}45$ (Menit)
- Waktu Pasti (Z) $= 0{,}05$ (Menit)
- Waktu Siklus $(T1 + T2 + Z)$ (TS3) $= 1{,}1$ (Menit)
- Kapasitas Prod / Jam $\left(\frac{q \times Fb \times Fm \times Fa \times 60}{Ts \times t}\right)$ (Q3) $= \frac{7{,}8 \times 1 \times 1 \times 0{,}83 \times 60}{1{,}1 \times 0{,}3}$
  $=$ 1.177,0909 m^2 (Asli)
- $\left({}^{Q3}/_{Fk}\right)$ $= \frac{1.177{,}0909}{1{,}43}$
  $=$ 823,1405 m^2 (Lepas)
- Koefisien Alat $\left({}^{1}/_{Q3}\right)$ $=$ 0,0012 (Jam)

A. Durasi Pekerjaan *Clearing* pada STA 43+475

- Produktivitas *Excavator*/hari $= Q1 \times$ Jumlah Alat $\times$ Tk $= 309{,}1526 \times 3 \times 7$
  $= 6492{,}2$ (m^2/hari)
- Produktivitas DumpTruck/hari $= Q2 \times$ Jumlah Alat $\times$ Tk $= 78{,}858 \times 11 \times 7$
  $= 6072{,}05$ (m^2/hari)
- Produktivitas *Bulldozer*/hari $= Q3 \times$ Jumlah Alat $\times$ Tk $= 823{,}140 \times 1 \times 7$
  $= 5761{,}983$ (m^2/hari)
- Durasi Pekerjaan *Clearing* $= \frac{Volume}{Produktivitas}$ $= \frac{33423{,}6}{5761{,}983}$
  $= 6$ (Hari)

Pekerjaan pembersihan / *clearing* pada STA 43+475 dilakukan dengan menggunakan *Excavator*, *Dump Truck*, dan *Bulldozer*. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian tertinggi berasal dari *Excavator* sebesar 6492,2 m²/hari, sedangkan produktivitas terendah adalah *Bulldozer* sebesar 5761,983 m²/hari yang digunakan sebagai acuan perhitungan durasi. Dengan total area yang dibersihkan seluas 33.423,6 m², diperoleh durasi pekerjaan selama 6 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan *clearing* dapat diselesaikan dalam waktu yang sesuai kapasitas alat yang tersedia.

B. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan *Clearing* pada STA 43+475

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan *clearing* pada STA 43+475–44+300 melibatkan 5 orang tenaga kerja serta 3 jenis alat berat, yaitu 1 unit *Bulldozer*, 1 unit *Excavator*, dan 11 unit *Dump Truck*. Dengan volume pekerjaan seluas 33.423,6 m² dan durasi pelaksanaan

selama 6 hari, total biaya pekerjaan yang dihitung mencapai Rp372.267.086. Biaya terbesar berasal dari penggunaan alat berat, menunjukkan bahwa pekerjaan ini sangat bergantung pada peralatan dibandingkan tenaga kerja manual.

Tabel 4. 39 Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan *Clearing* STA 43+475-44+300

PEKERJAAN PERSIAPAN											
Pembersihan Lahan STA 43+475 - 44+300 (825 M)											
No.	**Uraian**	**sat**	**Koef**	**Prod**	**Max Manpower**	**Jumlah Pekerja**	**Total Produktivitas**	**Durasi**	**Harga Satuan (Rp)**	**Jumlah Harga (Rp)**	
1	**Tenaga Kerja**					5	5761,983	6			
2	**Volume**	m^3	33423,6								
A	**Upah**										
	Mandor	OH	0,0129163	77,42151	1	0	0	6	Rp 147.000	Rp	-
	Pekerja	OH	0,1291631	7,742151	10	5	38,71075368	6	Rp 104.999	Rp	3.045.346
								JUMLAH UPAH PEKERJA		**Rp**	**3.045.346**
B	**Bahan/Material**										
										Rp	-
								JUMLAH TENAGA BAHAN		**Rp**	-
C.	**Peralatan**										
	Bulldozer	Jam	0,0012	823,140		1	5761,983		Rp 1.082.700	Rp	18.841.298
	Excavator	Jam	0,0032	309,153		3	6492,204		Rp 745.800	Rp	51.914.066
	Dump Truck 15 ton	Jam	0,0127	78,858		11	6072,056		Rp 1.036.800	Rp	264.623.914
										Rp	-
								JUMLAH TENAGA ALAT		**Rp**	**335.379.278**
D.	**Jumlah (A+B+C)**									**Rp**	**338.424.624**
E.	**Overhead + Profit**	**10 %**								**Rp**	**33.842.462**
F.	**Harga Pekerjaan (D+E)**									**Rp**	**372.267.086**

Tabel 4.39 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) pekerjaan *Clearing* STA 43+475. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.1.2 Pekerjaan Galian

Pekerjaan galian atau mengangkat material tanah dari suatu area untuk mencapai elevasi atau kedalaman tertentu sesuai dengan kebutuhan desain konstruksi. Pekerjaan galian dilakukan dengan bantuan alat berat seperti *Excavator* dan *Dump Truck*. Produktivitas pekerjaan galian umumnya dihitung berdasarkan volume material yang berhasil digali dalam satuan waktu tertentu. Alat yang digunakan *excavator, Dump Truck* dan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar PERMENPUPR NO. 1 Tahun 2022. Berikut merupakan perhitungan produktivitas alat berat pada pekerjaan galian.

a. *Excavator*

- Kapasitas bucket (V) $=0{,}93\ m^3$
- Faktor Bucket (Fb) $=1$
- Faktor efesiensi alat (Fa) $=0{,}83$
- Faktor Konversi (Fv) $=1{,}1$
- Waktu Siklus (TS1) $= \frac{20}{60}$

$= 0{,}333$ (menit)

- Kapasitas Produktivitas $\left(\frac{V \times Fa \times 60}{Ts \times Fv}\right)$ (Q1) $= \frac{0{,}93 \times 0{,}83 \times 60}{0{,}333 \times 1{,}1}$

  $= 132{,}6265$ (Asli)

- $\left({}^{Q1}/_{Fk}\right)$ $= \frac{132{,}6265}{1{,}1}$

  $= 119{,}3638$ (Padat)

- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q1}\right)$ $= 0{,}0084$ (Jam)

b. *Dump Truck*

- Kapasitas bak (V) $=25$ (Ton)
- Faktor efesiensi alat (Fa) $=0{,}83$
- Kecepatan rata – rata bermuatan (v1) $=20$ (Km/Jam)
- Kecepatan rata – rata kosong (v2) $=40$ (Km/Jam)
- Waktu muat $\left(\frac{V \times 60}{D \times Q1}\right)$ (T1) $= \frac{25 \times 60}{1{,}0925 \times 119{,}3638}$

  $= 11{,}5026$ (menit)

- Waktu Tempuh Isi $\left(\frac{L}{v1} \times 60\right)$ (T2) $= \frac{3}{20} \times 60$

  $= 9$ (menit)

- Waktu Tempuh Kosong $\left(\frac{L}{v2} \times 60\right)$ (T3) $= \frac{3}{40} \times 60$

  $= 4{,}5$ (menit)

- Lain – lain (T4) $= 2$ (menit)
- Waktu Siklus $(T1 + T2 + T3 + T4)$ (TS2) $= 11{,}5026 + 9 + 4{,}5 + 2$

  $= 27{,}0026$ (menit)

- Kapasitas Produktivitas $\left(\frac{V \times Fa \times 60}{D \times Ts}\right)$ (Q2) $= \frac{25 \times 0{,}83 \times 60}{1{,}0925 \times 27{,}0026}$

  $= 42{,}2029$ (Lepas)

- $\left({}^{Q2}/_{Fk}\right)$ $= \frac{42{,}2029}{1{,}1}$

  $= 37{,}9826$ (Padat)

- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q2}\right)$ $= 0{,}0263$ (Jam)

A. Durasi Pekerjaan Galian Tanah STA 33+000-33+325

- Produktivitas *Excavator*/hari $= \text{Q1} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 119{,}3638 \times 2 \times 7$

  $= 1671{,}093$ (m^3/hari)

- Produktivitas DumpTruck/hari $= Q2 \times \text{Jumlah Alat} \times Tk = 37{,}983 \times 5 \times 7 = 1329{,}39\ (m^3/\text{hari})$
- Durasi Pekerjaan Galian $= \frac{Volume}{Produktivitas} = \frac{14181{,}99}{5761{,}983} = 9\ (\text{Hari})$

Pekerjaan galian tanah pada STA 33+000–33+325 dilaksanakan menggunakan 2 unit *Excavator* dan 5 unit *Dump Truck*. Berdasarkan perhitungan produktivitas alat, *Excavator* menghasilkan 1.671,093 m³/hari dan *Dump Truck* sebesar 1.329,39 m³/hari. Dengan volume galian sebesar 14.181,99 m³ dan mengacu pada produktivitas terkecil yaitu 5.761,983 m³/hari, maka durasi pekerjaan galian diperkirakan memakan waktu selama 9 hari.

B. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Galian Tanah STA 33+000-33+325

Pekerjaan galian tanah pada STA 33+000–33+325 dilaksanakan dengan melibatkan 11 tenaga kerja serta penggunaan alat berat berupa 2 unit *Excavator* dan 5 unit *Dump Truck*. Dengan volume galian sebesar 14.181,99 m³ dan durasi pelaksanaan selama 9 hari, total biaya pekerjaan galian tanah adalah sebesar Rp441.793.710

Tabel 4. 40 Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Galian Tanah STA 33+000-33+325

PEKERJAAN AT GRADE												
Pekerjaan Galian Tanah STA 33+000-33+325												
No.	**Uraian**	**sat**	**Koef**	**Prod**	**Max Manpower**	**Jumlah Pekerja**	**Total Produktivitas**	**Durasi**	**Harga Satuan (Rp)**		**Jumlah Harga (Rp)**	
1	**Tenaga Kerja**					11	1671.093	9				
2	**Volume**	m^3	14181.99									
A	**Upah**											
	Mandor	OH	0.0129	77.42	1	1	77.42150735	9	Rp	147,000	Rp	1,323,000
	Pekerja	OH	0.1292	7.74	10	10	77.42150735	9	Rp	104,999	Rp	9,449,910
								JUMLAH UPAH PEKERJA			**Rp**	**10,772,910**
B	**Bahan/Material**											
											Rp	-
								JUMLAH TENAGA BAHAN			**Rp**	**-**
C.	**Peralatan**											
	Excavator	Jam	0.0084	119.36		2	1671.093		Rp	745,800	Rp	93,970,800
	Dump Truck 25 ton	Jam	0.026	37.98		5	1329.390		Rp	1,070,000	Rp	337,050,000
											Rp	-
											Rp	-
								JUMLAH TENAGA ALAT			**Rp**	**431,020,800**
D.	**Jumlah (A+B+C)**										**Rp**	**441,793,710**
E.	**Overhead + Profit**	**10 %**									**Rp**	**44,179,371**
F.	**Harga Pekerjaan (D+E)**										**Rp**	**485,973,081**

Tabel 4.40 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) pekerjaan Galian Tanah STA 33+000-33+325. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.1.3 Pekerjaan Timbunan

Pekerjaan konstruksi yang dilakukan dengan menambahkan material tanah atau bahan urugan ke suatu area untuk mencapai elevasi atau bentuk permukaan yang diinginkan sesuai dengan rencana desain. Produktivitas pekerjaan timbunan dihitung berdasarkan volume

material timbunan yang dapat dipasang dan dipadatkan dalam waktu tertentu. Alat yang digunakan *Dump Truck, Bulldozer,Vibratory Compactor* dan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar PERMENPUPR NO. 1 Tahun 2022.

a. *Bulldozer*

- Panjang Penghamparan (Lh) $= 30$ m
- Lebar Penghamparan (Bh) $= 7{,}2$ m
- Lebar Pisau Efektif (b) $= 3$ m
- Kapasitas Blade (q) $= 7{,}8$ m^3
- Faktor Efisiensi Alat (Fa) $= 0{,}83$
- Faktor Blade (Fb) $= 0{,}9$
- Lebar Overlap (bo) $= 0{,}3$ (m)
- Jumlah Lintasan (n) $= 3$ (Lintasan)
- Jumlah Pengupasan Tiap Lintasan (N) $= 3$ (Kali)
- Kecepatan Rata – Rata Alat Mendorong (v1) $= 3$ (Km/Jam)
- Kecepatan Rata – Rata Alat Mundur (v2) $= 4$ (Km/Jam)
- Perataan 1 Kali Lintasan (Maju) $\left(\frac{Lh \times 60}{v1 \times 1000}\right)$ (T1) $= \frac{30 \times 60}{3 \times 1000}$ $= 0{,}6$ (Menit)
- Perataan 1 Kali Lintasan (Mundur) $\left(\frac{Lh \times 60}{v1 \times 1000}\right)$ (T2) $= \frac{30 \times 60}{4 \times 1000}$ $= 0{,}45$ (Menit)
- Waktu Pasti (Z) $= 0{,}05$ (Menit)
- Waktu Siklus $(T1 + T2 + Z)$ (TS1) $= 1{,}1$ (Menit)
- Kapasitas Prod / Jam $\left(\frac{q \times Fb \times Fa \times 60}{Ts}\right)$ (Q1) $= \frac{7{,}8 \times 0{,}9 \times 0{,}83 \times 60}{1{,}1}$ $= 317{,}8145$ (m^3/Jam) (Asli)
- $\left({}^{Q1}/_{Fk}\right)$ $= \frac{317{,}8145}{1{,}1}$ $= 286{,}0331$ (m^3/Jam) (Padat)
- Koefisien Alat $\left({}^{1}/_{Q1}\right)$ $= 0{,}0035$ (Jam)

b. *Dump Truck*

- Kapasitas bak (V) $=15$ (Ton)
- Faktor efesiensi alat (Fa) $=0{,}83$

- Kecepatan rata – rata bermuatan (v1) $=20$ (Km/Jam)
- Kecepatan rata – rata kosong (v2) $=40$ (Km/Jam)
- Waktu muat $\left(\frac{V\times60}{D\times Fk\times Q1}\right)$ (T1) $=\frac{25\times60}{1{,}1\times0{,}9\times286{,}0331}$
  $=\ 6{,}9016$ (menit)
- Waktu Tempuh Isi $\left(\frac{L}{v1}\times60\right)$ (T2) $=\frac{3}{20}\times60$
  $=\ 9$ (menit)
- Waktu Tempuh Kosong $\left(\frac{L}{v2}\times60\right)$ (T3) $=\frac{3}{40}\times60$
  $=\ 4{,}5$ (menit)
- Lain – lain (T4) $=2$ (menit)
- Waktu Siklus $(T1+T2+T3+T4)$ (TS2) $=11{,}5026+9+4{,}5+2$
  $=22{,}4016$ (menit)
- Kapasitas Produktivitas $\left(\frac{V\times Fa\times60}{D\times Ts}\right)$ (Q2) $=\frac{15\times0{,}83\times60}{1{,}1\times22{,}4016}$
  $=33{,}4798$ (m^3/Jam) (Asli)
- $\left({}^{Q2}/_{Fk}\right)$ $=\frac{37{,}0510}{1{,}1}$
  $=\ 37{,}1998$ (m^3/Jam) (Padat)
- Koefisien Alat $\left({}^{1}/_{Q2}\right)$ $=\ 0{,}0269$ (Jam)

c. *Vibratory Compactor Smooth Drum*

- Lebar Pemadatan (Bh) $=7{,}2$ (m)
- Kecepatan Rata – rata Alat (v) $=2{,}75$ (Km/Jam)
- Lebar Efektif Pemadatan (b) $=2{,}13$ (m)
- Lebar Overlap (bo) $=0{,}2$ (m)
- Jumlah Lintasan (n) $=8$ (Lintasan)
- Lajur Lintasan $\left(\frac{W}{b\times b0}\right)$ (N) $=\frac{7{,}2}{2{,}13\times0{,}2}=4$ (Kali)
- Faktor efisiensi alat (Fa) $=0{,}83$
- Kapasitas Produktivitas (Q3) $=\frac{\{4\times(2{,}13-0{,}2)+0{,}2\}\times2{,}75\times1000\times0{,}83\times0{,}2}{8\times4}$
- $\left(\frac{\{N\times(b-b0)+b0\}\times V\times1000\times Fa\times t}{n\times N}\right)$
  $=\ 112{,}9838$ (m^3/Jam) (Asli)
- $\left({}^{Q3}/_{Fk}\right)$ $=\frac{112{,}9838}{1{,}1}$
  $=\ 101{,}6854$ (m^3/Jam) (Padat)

- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q3}\right)$ $= 0{,}0098$ (Jam)

d. *Vibratory Compactor Pad Foot*

- Lebar Pemadatan (Bh) $=7{,}2$ (m)
- Kecepatan Rata – rata Alat (v) $= 2{,}75$ (Km/Jam)
- Lebar Efektif Pemadatan (b) $=2{,}13$ (m)
- Lebar Overlap (bo) $=0{,}2$ (m)
- Jumlah Lintasan (n) $=8$ (Lintasan)
- Lajur Lintasan $\left(\frac{W}{b\times b0}\right)$ (N) $=\frac{7{,}2}{2{,}13\times 0{,}2} = 4$ (Kali)
- Faktor efisiensi alat (Fa) $= 0{,}83$
- Kapasitas Produktivitas (Q4) $=\frac{\{4\times(2{,}13-0{,}2)+0{,}2\}\times 2{,}75\times 1000\times 0{,}83\times 0{,}2}{8\times 4}$
- $\left(\frac{\{N\times(b-b0)+b0\}\times V\times 1000\times Fa\times t}{n\times N}\right)$ $= 112{,}9838$ (m^3/Jam) (Asli)
- $\left({}^{Q4}/_{Fk}\right)$ $=\frac{112{,}9838}{1{,}1}$

  $= 101{,}685375$ (m^3/Jam) (Padat)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q4}\right)$ $= 0{,}0098$ (Jam)

e. *Water Tank Truck*

- Volume Tanki Air (V) $=4$ (m^3)
- Kebutuhan Air (Wc) $=0{,}07$ (m^3)
- Kapasitas Pompa Air (pa) $=100$ (liter/menit)
- Faktor Efisiensi Alat (Fa) $= 0{,}83$
- Kapasitas Produktivitas $\left(\frac{pa\times Fa\times 60}{1000\times Wc}\right)$ (Q5) $=\frac{100\times 0{,}83\times 60}{1000\times 0{,}07}$

  $= 71{,}1429$ (m^3/Jam) (Asli)
- $\left({}^{Q5}/_{Fk}\right)$ $=\frac{71{,}1429}{1{,}1}$

  $= 64{,}0286$ (m^3/Jam) (Padat)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q5}\right)$ $= 0{,}0156$ (Jam)

A. Durasi Pekerjaan Penghamparan Timbunan Tanah

- Produktivitas DumpTruck/hari $= Q1 \times$ Jumlah Alat $\times$ Tk $= 37{,}200 \times 15 \times 7$

  $= 3905{,}97$ (m^3/hari)
- Produktivitas *Bulldozer*/hari $= Q2 \times$ Jumlah Alat $\times$ Tk $= 286{,}033 \times 1 \times 7$

  $= 4004{,}463$ (m^3/hari)

- Durasi Pekerjaan Penghamparan $= \frac{Volume}{Produktivitas}$ $= \frac{76899,08}{4004,463}$ $= 19$ (Hari)

Pekerjaan penghamparan timbunan tanah dilaksanakan menggunakan 15 unit *Dump Truck* dan 1 unit *Bulldozer*. Berdasarkan perhitungan, produktivitas *Dump Truck* mencapai 3.905,97 m³/hari dan *Bulldozer* sebesar 4.004,463 m³/hari. Dengan total volume timbunan sebesar 76.899,08 m³ dan mengacu pada produktivitas terkecil, maka durasi pekerjaan penghamparan diperkirakan selama 19 hari.

B. Durasi Pekerjaan Pemadatan Timbunan Tanah

- Produktivitas *Vibratory Compactor Smooth Drum*/hari $= \text{Q3} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 101,685 \times 4 \times 7$ $= 3905,97$ (m^3/hari)
- Produktivitas *Vibratory Compactor Pad Foot*/hari $= \text{Q4} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 101,685 \times 4 \times 7$ $= 4004,463$ (m^3/hari)
- Produktivitas *Water Tank Truck*/hari $= \text{Q5} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 64,029 \times 6 \times 7$ $= 2689,2$(m^3/hari)
- Durasi Pekerjaan Pemadatan $= \frac{Volume}{Produktivitas}$ $= \frac{76899,08}{101,685}$ $= 27$ (Hari)

Pekerjaan pemadatan timbunan tanah dilakukan menggunakan 4 unit *Vibratory Compactor Smooth Drum*, 4 unit pad foot, dan 6 unit *Water Tank Truck*. Dari hasil perhitungan, produktivitas pemadatan harian yang digunakan sebagai acuan adalah 2.689,2 m³/hari dari *Water Tank Truck*, sebagai alat dengan produktivitas terkecil. Dengan total volume pekerjaan sebesar 76.899,08 m³, diperoleh durasi pekerjaan pemadatan selama 27 hari.

C. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Penghamparan Timbunan Tanah

Pekerjaan penghamparan timbunan tanah pada STA 32+000–32+450 dilaksanakan dengan melibatkan 11 tenaga kerja serta penggunaan alat berat berupa 2 unit *Bulldozer* dan 15 unit *Dump Truck*. Dengan total volume pekerjaan sebesar 76.899,08 m³ dan durasi pelaksanaan selama 19 hari, total biaya pekerjaan penghamparan timbunan tanah adalah sebesar Rp5.394.970,591.

Tabel 4. 41 Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Penghamparan Timbunan Tanah STA 32+000-32+450

PEKERJAAN AT GRADE											
Pekerjaan Penghamparan Timbunan Tanah								STA 32+000-32+450			
No.	**Uraian**	**sat**	**Koef**	**Prod**	**Max Manpower**	**Jumlah Pekerja**	**Total Produktivitas**	**Durasi**	**Harga Satuan (Rp)**		**Jumlah Harga (Rp)**
1	**Tenaga Kerja**					11	4004.463273	19			
2	**Volume**	m^3	76899.08								
A	**Upah**										
	Mandor	OH	0.025	40	1	1	40	19	Rp	147,000	Rp 2,822,892
	Pekerja	OH	0.25	4	10	10	40	19	Rp	104,999	Rp 20,163,319
								JUMLAH UPAH PEKERJA			**Rp 22,986,210**
B	**Bahan/Material**										
	Borrow material		1.2							20,000.00	Rp 1,828,489,331
								JUMLAH TENAGA BAHAN			**Rp 1,828,489,331**
C.	**Peralatan**										
	Excavator	Jam	0.00837775	119.36		5	4177.73			745,800.00	Rp 501,264,877
	Bulldozer	Jam	0.003	286.03		2	4004.46		Rp	2,862,600	Rp 769,600,878
	Dump Truck	Jam	0.027	37.20		15	3905.97		Rp	1,127,100	Rp 2,272,629,295
											Rp -
											Rp -
								JUMLAH TENAGA ALAT			**Rp 3,543,495,050**
D.	**Jumlah (A+B+C)**										**Rp 5,394,970,591**
E.	**Overhead + Profit**	**10 %**									**Rp 539,497,059**
F.	**Harga Pekerjaan (D+E)**										**Rp 5,934,467,650**

Tabel 4.41 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) pekerjaan Penghamparan Timbunan Tanah STA 32+000-32+450. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

D. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Pemadatan Timbunan Tanah

Pekerjaan pemadatan timbunan tanah pada STA 32+000–32+450 dilaksanakan dengan melibatkan 11 tenaga kerja serta penggunaan alat berat berupa 4 unit vibro smooth drum, 4 unit vibro pad foot, dan 6 unit *Water Tank Truck*. Dengan total volume pekerjaan sebesar 76.899,08 m^3 dan durasi pelaksanaan selama 27 hari, total biaya pekerjaan pemadatan timbunan tanah adalah sebesar Rp255.389.945.

Tabel 4. 42 Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Pemadatan Timbunan Tanah STA 32+000-32+450

PEKERJAAN AT GRADE											
Pekerjaan Pemadatan Timbunan Tanah								STA 32+000-32+450			
No.	**Uraian**	**sat**	**Koef**	**Prod**	**Max Manpower**	**Jumlah Pekerja**	**Total Produktivitas**	**Durasi**	**Harga Satuan (Rp)**		**Jumlah Harga (Rp)**
1	**Tenaga Kerja**					11	2847.19	27			
2	**Volume**	m^3	76899.08								
A	**Upah**										
	Mandor	OH	0.025	40	1	1	40	27	Rp	147,000	Rp 3,970,288
	Pekerja	OH	0.25	4	10	10	40	27	Rp	104,999	Rp 28,358,928
								JUMLAH UPAH PEKERJA			**Rp 32,329,215**
B	**Bahan/Material**										
								JUMLAH TENAGA BAHAN			**Rp -**
C.	**Peralatan**										
	Vibro Smooth Drum	Jam	0.010	101.69		4	2847.19		Rp	608,700	Rp 65,760,928
	Vibro Pad Foot	Jam	0.010	101.69		4	2847.19		Rp	634,900	Rp 68,591,446
	Water Tank Truck	Jam	0.016	64.03		6	2689.20		Rp	547,400	Rp 88,707,570
									Rp	-	
											Rp -
								JUMLAH TENAGA ALAT			**Rp 223,059,945**
D.	**Jumlah (A+B+C)**										**Rp 255,389,160**
E.	**Overhead + Profit**	**10 %**									**Rp 25,538,916**
F.	**Harga Pekerjaan (D+E)**										**Rp 280,928,076**

Tabel 4.42 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) pekerjaan Pemadatan Timbunan Tanah STA 32+000-32+450. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.1.4 Pekerjaan *Capping layer* At Grade

Capping layer merupakan salah satu komponen penting dalam konstruksi jalan tol yang berfungsi untuk memberikan stabilitas dan daya dukung yang cukup pada lapisan tanah dasar. Sebagai lapisan penutup di bawah struktur jalan, *Capping layer* berperan dalam mendistribusikan beban, mencegah pergerakan tanah, serta mengurangi potensi kerusakan yang dapat mempengaruhi kualitas dan ketahanan jalan. Penggunaan material yang tepat dan penempatan yang akurat pada lapisan ini akan sangat memengaruhi kekuatan dan durabilitas jalan tol dalam jangka panjang. Produktivitas pekerjaan *Capping layer* menjadi hal yang penting untuk memastikan bahwa pekerjaan ini dapat diselesaikan sesuai dengan standar kualitas yang diinginkan seperti sebagai berikut. Alat yang digunakan *Wheel Loader, Dump Truck, Motor Grader, Vibratory Compactor, Water Tank* dan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar PERMENPUPR NO. 1 Tahun 2022.

a. *Wheel Loader*

- Kapasitas bucket (V) $=1{,}7$ ($m^{3)}$
- Faktor Bucket (Fb) $=0{,}9$
- Faktor efesiensi alat (Fa) $=0{,}83$
- Waktu Siklus (*V-Loading*) (TS1) $= 0{,}55$ (menit)
- Kapasitas Produktivitas $\left(\frac{V\times \mathrm{Fb}\times \mathrm{Fa}\times 60}{Ts}\right)$ (Q1) $= \frac{1{,}7\times 0{,}9\times 0{,}83\times 60}{0{,}55}$
  $= 138{,}5345$ (m^3/Jam) (Lepas)
- $\left({}^{Q1}/_{Fk}\right)$
  $= \frac{138{,}5345}{1{,}2180}$
  $= 113{,}7369$ (m^3/Jam) (Padat)
- Koefisien alat ${}^{1}/_{Q1}$
  $= 0{,}0088$ (Jam)

b. *Dump Truck*

- Kapasitas bak (V) $=25$ (Ton)
- Faktor efesiensi alat (Fa) $=0{,}83$
- Kecepatan rata – rata bermuatan (v1) $=20$ (Km/Jam)
- Kecepatan rata – rata kosong (v2) $=40$ (Km/Jam)

- Waktu muat $\left(\frac{V\times60}{BiL\times Q1}\right)$ (T1) $=\frac{25\times60}{1{,}4620\times138{,}5345}$
  $= 7{,}4060$ (menit)
- Waktu Tempuh Isi $\left(\frac{L}{v1}\times60\right)$ (T2) $=\frac{3}{20}\times60$
  $= 9$ (menit)
- Waktu Tempuh Kosong $\left(\frac{L}{v2}\times60\right)$ (T3) $=\frac{3}{40}\times60$
  $= 4{,}5$ (menit)
- Lain – lain (T4) $= 2$ (menit)
- Waktu Siklus $(T1+T2+T3+T4)$ (TS2) $= 7{,}4060+9+4{,}5+2$
  $= 22{,}9060$ (menit)
- Kapasitas Produktivitas $\left(\frac{V\times Fa\times60}{D\times Ts}\right)$ (Q2) $=\frac{25\times0{,}83\times60}{1{,}3\times1{,}78\times 22{,}9060}$
  $= 23{,}3203$ (m^3/Jam)
- Koefisien Alat $\left({}^{1}/_{Q2}\right)$ $= 0{,}0429$ (Jam)

c. *Motor Grader*

- Panjang Penghamparan (Lh) $= 30$ m
- Lebar Penghamparan (Bh) $= 7{,}2$ m
- Lebar Pisau Efektif (b) $= 2{,}6$ m
- Faktor Efisiensi Alat (Fa) $= 0{,}83$
- Faktor Blade (Fb) $= 0{,}9$
- Lebar Overlap (bo) $= 0{,}3$ (m)
- Jumlah Lintasan (n) $= 4$ (Lintasan)
- Jumlah Pengupasan Tiap Lintasan (N) $= 4$ (Kali)
- Kecepatan Rata – Rata Alat (v) $= 5$ (Km/Jam)
- Perataan 1 Kali Lintasan $\left(\frac{Lh\times60}{v1\times1000}\right)$ (T1) $=\frac{30\times60}{5\times1000}$
  $= 0{,}36$ (Menit)
- Lain – lain (T2) $= 1$ (Menit)
- Waktu Siklus $(T1+T2)$ (TS2) $= 1{,}36$ (Menit)
- Kapasitas Prod / Jam $\left(\frac{Lh\times\{N\times(b-b0)+b0\}\times Fa\times60\times t}{n\times N\times Ts}\right)$ (Q3) $=\frac{30\times\{4\times(2{,}6-0{,}3)+0{,}3\}\times0{,}83\times60\times0{,}2}{4\times4\times1{,}36}$
  $= 94{,}3015$ m^3 (Asli)
- $\left({}^{Q3}/_{Fk}\right)$ $=\frac{94{,}3015}{1{,}2180}$

$= 77{,}4215$ m^3 (Padat)

- Koefisien Alat $\left({}^{1}/_{Q3}\right)$ $= 0{,}0129$ (Jam)

d. *Vibratory Compactor Smooth Drum*

- Lebar Pemadatan (Bh) $=7{,}2$ (m)
- Kecepatan Rata – rata Alat (v) $= 2{,}75$ (Km/Jam)
- Lebar Efektif Pemadatan (b) $=2{,}13$ (m)
- Lebar Overlap (bo) $=0{,}2$ (m)
- Jumlah Lintasan (n) $=12$ (Lintasan)
- Lajur Lintasan $\left(\frac{W}{b\times b0}\right)$ (N) $=\frac{7{,}2}{2{,}13\times 0{,}2} = 4$ (Kali)
- Faktor efisiensi alat (Fa) $= 0{,}83$
- Kapasitas Produktivitas $\left(\frac{\{N\times(b-b0)+b0\}\times V\times 1000\times Fa\times t}{n\times N}\right)$ (Q4) $= \frac{\{4\times(2{,}13-0{,}2)+0{,}2\}\times 2{,}75\times 1000\times 0{,}83\times 0{,}2}{12\times 4}$
  $= 56{,}4919$ (Lepas)
- $\left({}^{Q4}/_{Fk}\right)$ $= \frac{56{,}4919}{1{,}2180}$
  $= 46{,}37982938$ (Padat)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q4}\right)$ $= 0{,}0216$ (Jam)

e. *Water Tank Truck*

- Volume Tanki Air (V) $=4$ (m^3)
- Kebutuhan Air (Wc) $=0{,}07$ (m^3)
- Kapasitas Pompa Air (pa) $=100$ (liter/menit)
- Faktor Efisiensi Alat (Fa) $= 0{,}83$
- Kapasitas Produktivitas $\left(\frac{pa\times Fa\times 60}{1000\times Wc}\right)$ (Q5) $= \frac{100\times 0{,}83\times 60}{1000\times 0{,}07}$
  $= 71{,}1429$ (m^3/Jam)
- $\left({}^{Q5}/_{Fk}\right)$ $= \frac{71{,}1429}{1{,}2180}$
  $= 58{,}40828$ (m^3/Jam) (Padat)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q5}\right)$ $= 0{,}0171$ (Jam)

A. Durasi Pekerjaan Penghamparan *Capping Layer*

- Produktivitas *Wheel Loader*/hari $= Q1 \times$ Jumlah Alat $\times$ Tk $= 113{,}736 \times 1 \times 7$
  $= 796{,}158$ (m^3/hari)
- Produktivitas *Dump Truck*/hari $= Q2 \times$ Jumlah Alat $\times$ Tk $= 23{,}3202 \times 3 \times 7$

$= 489{,}726(\text{m}^3/\text{hari})$

- Produktivitas *Motor Grader*/hari $= \text{Q3} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 77{,}4215 \times 1 \times 7$
$= 541{,}950\ (\text{m}^3/\text{hari})$
- Durasi Pekerjaan Penghamparan $= \frac{Volume}{Produktivitas}$ $= \frac{7402{,}50}{541{,}950}$
$= 14$ (Hari)

Pada pekerjaan penghamparan Capping Layer, produktivitas harian dihitung berdasarkan jumlah alat yang digunakan serta waktu kerja setiap alat. Produktivitas harian untuk *Wheel Loader* adalah sebesar 796,158 m³/hari dengan menggunakan 7 unit alat. Sedangkan produktivitas *Dump Truck* mencapai 489,726 m³/hari dengan 3 unit alat, dan produktivitas *Motor Grader* mencapai 541,950 m³/hari dengan 1 unit alat. Dengan total volume pekerjaan penghamparan sebesar 7402,50 m³, dengan durasi pekerjaan penghamparan selama 14 hari.

B. Durasi Pekerjaan Pemadatan *Capping Layer*

- Produktivitas *Vibratory Compactor Smooth Drum*/hari $= \text{Q4} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 46{,}379 \times 1 \times 7$
$= 324{,}658\ (\text{m}^3/\text{hari})$
- Produktivitas *Water Tank Truck*/hari $= \text{Q5} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 58{,}408 \times 1 \times 7$
$= 408{,}858(\text{m}^3/\text{hari})$
- Durasi Pekerjaan Penghamparan $= \frac{Volume}{Produktivitas}$ $= \frac{7402{,}50}{324{,}658}$
$= 23$ (Hari)

Pada pekerjaan pemadatan *Capping Layer*, produktivitas harian untuk *Vibratory Compactor Smooth Drum* adalah sebesar 324,658 m³/hari dengan menggunakan 7 unit alat. Sedangkan untuk *Water Tank Truck*, produktivitas harian mencapai 408,858 m³/hari dengan 7 unit alat. Dengan total volume pekerjaan pemadatan sebesar 7402,50 m³, durasi pekerjaan pemadatan dihitung menggunakan rumus Durasi = Volume / Produktivitas, yang menghasilkan durasi pekerjaan selama 23 hari. Hasil perhitungan ini menunjukkan bahwa pekerjaan pemadatan Capping Layer dapat diselesaikan dalam waktu 23 hari, sesuai dengan kapasitas alat yang digunakan.

C. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Penghamparan *Capping Layer*

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan penghamparan *Capping Layer* pada STA 32+000 - 33+500 (1.500 m) melibatkan 11 orang tenaga kerja serta berbagai jenis alat berat, seperti 1 unit *Wheel Loader*, 3 unit *Dump Truck*, dan 1 unit *Motor Grader*. Dengan volume pekerjaan sebesar 7.402,50 m³ dan durasi pelaksanaan selama 14 hari, total biaya pekerjaan

yang dihitung mencapai Rp 976.740.691 Biaya terbesar berasal dari penggunaan alat berat, khususnya *Motor Grader*, yang menunjukkan bahwa pekerjaan ini sangat bergantung pada peralatan dibandingkan dengan tenaga kerja.

Tabel 4. 43 RAP Pekerjaan Penghamparan *Capping layer* STA 32+000 - 33+500

Capping Layer STA 32+000 - 33+500 (1.500 M)											
Penghamparan											
No.	**Uraian**	**sat**	**Koef**	**Prod**	**Max Manpower**	**Jumlah Pekerja**	**Total roduktivit**	**Durasi**	**Harga Satuan (Rp)**	**Jumlah Harga (Rp)**	
1	**Tenaga Kerja**					11	541,9506	14			
2	**Volume**	m^3	7402,50								
A	**Upah**										
	Mandor	OH	0,00184519	541,9506	1	1	541,9506	14	Rp 147.000	Rp	2.058.000
	Pekerja	OH	0,01845187	54,19506	10	10	541,9506	14	Rp 104.999	Rp	14.699.860
								JUMLAH UPAH PEKERJA		**Rp**	**16.757.860**
B	**Bahan/Material**										
	Lapis Separator		1,30937881						50.000,00	Rp	484.633.831
								JUMLAH TENAGA BAHAN		**Rp**	**484.633.831**
C.	**Peralatan**										
	WHEEL LOADER	Jam	0,00879222	113,7369		1	796,158		Rp 813.400	Rp	79.713.200
	DUMP TRUCK	Jam	0,0428811	23,3203		3	489,7263		Rp 1.036.800	Rp	304.819.200
	MOTOR GRADER	Jam	0,01291631	77,42151		1	541,9506		Rp 926.700	Rp	90.816.600
								JUMLAH TENAGA ALAT		**Rp**	**475.349.000**
D.	**Jumlah (A+B+C)**									**Rp**	**976.740.691**
E.	**Overhead + Profit**	**10 %**								**Rp**	**97.674.069**
F.	**Harga Pekerjaan (D+E)**									**Rp**	**1.074.414.760**

Tabel 4.43 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) pekerjaan Penghamparan *Capping layer* STA 32+000 - 33+500. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

D. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Pemadatan *Capping layer*

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan pemadatan *Capping Layer* pada STA 32+000 - 33+500 (1.500 m) melibatkan 11 orang tenaga kerja serta penggunaan alat berat seperti Vibratory Compactor dan *Water Tank Truck*. Dengan volume pekerjaan sebesar 7.402,50 m^3 dan durasi pelaksanaan selama 23 hari, total biaya pekerjaan yang dihitung mencapai Rp 235.029.157. Biaya terbesar berasal dari penggunaan alat berat, dengan total biaya alat mencapai Rp 213.662.870, yang menunjukkan bahwa alat berat sangat berpengaruh terhadap total biaya pelaksanaan pekerjaan ini.

Tabel 4. 44 RAP Pekerjaan Pemadatan *Capping layer* STA 32+000-33+500

Capping Layer STA 32+000 - 33+500 (1.500 M)											
Pemadatan											
No.	Uraian	sat	Koef	Prod	Max Manpower	Jumlah Pekerja	Total roduktivit	Durasi	Harga Satuan (Rp)		Jumlah Harga (Rp)
1	**Tenaga Kerja**					11	324,6588	23			
2	**Volume**	m^3	7402,50								
A	**Upah**										
	Mandor	OH	0,01291631	77,42151	1	1	77,42151	23	Rp 147.000	Rp	3.381.000
	Pekerja	OH	0,12916308	7,742151	10	10	77,42151	23	Rp 104.999	Rp	24.149.770
								JUMLAH UPAH PEKERJA		**Rp**	**27.530.770**
B	**Bahan/Material**										
	Lapis Separator		1,30937881						50.000,00	Rp	-
								JUMLAH TENAGA BAHAN		**Rp**	-
C.	**Peralatan**										
	VIBRATORY COMPACTOR	Jam	0,0215611	46,37983		1	324,6588		Rp 608.700	Rp	98.000.700
	WATERTANK TRUCK	Jam	0,01712086	58,40829		1	408,858		Rp 547.400	Rp	88.131.400
								JUMLAH TENAGA ALAT		**Rp**	**186.132.100**
D.	**Jumlah (A+B+C)**									**Rp**	**213.662.870**
E.	**Overhead + Profit**	**10 %**								**Rp**	**21.366.287**
F.	**Harga Pekerjaan (D+E)**									**Rp**	**235.029.157**

Tabel 4.44 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) pekerjaan Pemadatan Capping layer STA 32+000-33+500. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.1.5 Pekerjaan *Drainage layer* At Grade

Drainage layer adalah lapisan yang diterapkan pada konstruksi jalan tol untuk mengelola aliran air dan mencegah penumpukan air yang dapat merusak struktur jalan. Lapisan ini berfungsi untuk mengalirkan air dari permukaan jalan ke saluran drainase, sehingga mengurangi potensi terjadinya genangan yang dapat merusak lapisan-lapisan lainnya, seperti subgrade dan base course. Penggunaan material yang tepat, seperti agregat kasar atau bahan yang memiliki daya serap tinggi, sangat penting untuk memastikan efektivitas sistem drainase pada jalan tol. Dengan adanya *drainage layer* yang baik, kestabilan struktur jalan akan terjaga, mengurangi risiko kerusakan akibat air, serta memperpanjang umur jalan tol itu sendiri. Pekerjaan pembuatan *drainage layer* pada proyek jalan tol harus dilakukan dengan perencanaan yang matang agar air dapat mengalir dengan lancar sesuai dengan desain drainase yang telah ditentukan. Untuk itu, perhitungan produktivitas pekerjaan *drainage layer* sebagai berikut. Alat yang digunakan *Wheel Loader, Dump Truck, Motor Grader, Vibratory Compactor, Water Tank* dan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar PERMENPUPR NO. 1 Tahun 2022.

1. *Wheel Loader*
   - Kapasitas bucket (V) $=1{,}7\ (m^{3)}$
   - Faktor Bucket (Fb) $=0{,}9$
   - Faktor efesiensi alat (Fa) $=0{,}83$
   - Waktu Siklus (*V-Loading*) (TS1) $=\ 0{,}55$ (menit)

- Kapasitas Produktivitas $\left(\frac{V \times \text{Fb} \times \text{Fa} \times 60}{Ts}\right)$ (Q1) $= \frac{1,7 \times 0,9 \times 0,83 \times 60}{0,55}$
  $= 138,5345$ (m³/Jam) (Lepas)
- $\left({}^{Q1}/_{Fk}\right)$ $= \frac{138,5345}{1,0858}$
  $= 127,5903$ (m³/Jam) (Padat)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q1}\right)$ $= 0,0078$ (Jam)

2. *Dump Truck*
   - Kapasitas bak (V) $= 25$ (Ton)
   - Faktor efesiensi alat (Fa) $= 0,83$
   - Kecepatan rata – rata bermuatan (v1) $= 20$ (Km/Jam)
   - Kecepatan rata – rata kosong (v2) $= 40$ (Km/Jam)
   - Waktu muat $\left(\frac{V \times 60}{BiL \times Q1}\right)$ (T1) $= \frac{25 \times 60}{1,4620 \times 138,5345}$
     $= 7,4060$ (menit)
   - Waktu Tempuh Isi $\left(\frac{L}{v1} \times 60\right)$ (T2) $= \frac{3}{20} \times 60$
     $= 9$ (menit)
   - Waktu Tempuh Kosong $\left(\frac{L}{v2} \times 60\right)$ (T3) $= \frac{3}{40} \times 60$
     $= 4,5$ (menit)
   - Lain – lain (T4) $= 2$ (menit)
   - Waktu Siklus $(T1 + T2 + T3 + T4)$ (TS2) $= 7,4060 + 9 + 4,5 + 2$
     $= 36,4060$ (menit)
   - Kapasitas Produktivitas $\left(\frac{V \times Fa \times 60}{D \times BiP \times Ts}\right)$ (Q2) $= \frac{25 \times 0,83 \times 60}{1,78 \times 1,2751 \times 22,9060}$
     $= 23,9479$ (m³/Jam)
   - Koefisien Alat $\left({}^{1}/_{Q2}\right)$ $= 0,041757353$(Jam)

3. *Motor Grader*
   - Panjang Penghamparan (Lh) $= 30$ m
   - Lebar Penghamparan (Bh) $= 7,2$ m
   - Lebar Pisau Efektif (b) $= 2,6$ m
   - Faktor Efisiensi Alat (Fa) $= 0,83$
   - Faktor Blade (Fb) $= 0,9$
   - Lebar Overlap (bo) $= 0,3$ (m)

- Jumlah Lintasan (n) $= 4$ (Lintasan)
- Jumlah Pengupasan Tiap Lintasan (N) $= 4$ (Kali)
- Kecepatan Rata – Rata Alat (v) $= 5$ (Km/Jam)
- Perataan 1 Kali Lintasan $\left(\frac{Lh \times 60}{v1 \times 1000}\right)$ (T1) $= \frac{30 \times 60}{5 \times 1000}$
  $= 0{,}36$ (Menit)
- Lain – lain (T2) $= 1$ (Menit)
- Waktu Siklus (T1 + T2) (TS2) $= 1{,}36$ (Menit)
- Kapasitas Prod / Jam (Q3) $= \frac{30 \times \{4 \times (2{,}6 - 0{,}3) + 0{,}3\} \times 0{,}83 \times 60 \times 0{,}2}{4 \times 4 \times 1{,}36}$
- $\left(\frac{\mathrm{Lh} \times \{\mathrm{N} \times (\mathrm{b} - \mathrm{b0}) + \mathrm{b0}\} \times \mathrm{Fa} \times 60 \times \mathrm{t}}{n \times N \times Ts}\right)$
  $= 94{,}3015$ m^3 (Asli)
- $\left({}^{Q3}/_{Fk}\right)$
  $= \frac{94{,}3015}{1{,}0858}$
  $= 86{,}8517$ m^3 (Padat)
- Koefisien Alat $\left({}^{1}/_{Q3}\right)$
  $= 0{,}0115$ (Jam)

4. *Vibratory Compactor Smooth Drum*
   - Lebar Pemadatan (Bh) $=7{,}2$ (m)
   - Kecepatan Rata – rata Alat (v) $= 2{,}75$ (Km/Jam)
   - Lebar Efektif Pemadatan (b) $=2{,}13$ (m)
   - Lebar Overlap (bo) $=0{,}2$ (m)
   - Jumlah Lintasan (n) $=12$ (Lintasan)
   - Lajur Lintasan $\left(\frac{W}{b \times b0}\right)$ (N) $= \frac{7{,}2}{2{,}13 \times 0{,}2} = 4$ (Kali)
   - Faktor efisiensi alat (Fa) $= 0{,}83$
   - Kapasitas Produktivitas (Q4) $= \frac{\{4 \times (2{,}13 - 0{,}2) + 0{,}2\} \times 2{,}75 \times 1000 \times 0{,}83 \times 0{,}2}{12 \times 4}$
   - $\left(\frac{\{\mathrm{N} \times (\mathrm{b} - \mathrm{b0}) + \mathrm{b0}\} \times \mathrm{V} \times 1000 \times \mathrm{Fa} \times \mathrm{t}}{n \times N}\right)$
     $= 56{,}4919$ (Lepas)
   - $\left({}^{Q4}/_{Fk}\right)$
     $= \frac{56{,}4919}{1{,}0858}$
     $= 52{,}0290$ (Padat)
   - Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q4}\right)$
     $= 0{,}019$ (Jam)
5. *Water Tank Truck*
   - Volume Tanki Air (V) $=4$ (m^3)
   - Kebutuhan Air (Wc) $=0{,}07$ (m^3)
   - Kapasitas Pompa Air (pa) $=100$ (liter/menit)

- Faktor Efisiensi Alat (Fa) $= 0{,}83$
- Kapasitas Produktivitas $\left(\frac{pa \times Fa \times 60}{1000 \times Wc}\right)$ (Q5) $= \frac{100 \times 0{,}83 \times 60}{1000 \times 0{,}07}$
  $= 71{,}1429$ (m³/Jam)
- $\left({}^{Q5}/_{Fk}\right)$ $= \frac{71{,}1429}{1{,}0858}$
  $= 65{,}52$ (m³/Jam) (Padat)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q5}\right)$ $= 0{,}0153$ (Jam)

A. Durasi Pekerjaan Penghamparan *Drainage layer*

- Produktivitas *Wheel Loader*/hari $= \text{Q1} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 127{,}5903 \times 1 \times 7$
  $= 893{,}132$(m³/hari)
- Produktivitas *Dump Truck*/hari $= \text{Q2} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 23{,}9478 \times 4 \times 7$
  $= 670{,}540$(m³/hari)
- Produktivitas *Motor Grader*/hari $= \text{Q3} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 86{,}8516 \times 1 \times 7$
  $= 607{,}961$(m³/hari)
- Durasi Pekerjaan Penghamparan $= \frac{Volume}{Produktivitas}$ $= \frac{7402{,}50}{607{,}961}$
  $= 13$ (Hari)

Pekerjaan penghamparan *Drainage layer* pada STA dilakukan dengan menggunakan *Wheel Loader*, *Dump Truck*, dan *Motor Grader*. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian tertinggi berasal dari *Dump Truck* dengan nilai 670,540 m³/hari, sedangkan produktivitas terendah adalah *Wheel Loader* sebesar 893,132 m³/hari yang digunakan sebagai acuan perhitungan durasi. Dengan total volume pekerjaan yang harus diselesaikan sebesar 7.402,50 m³, diperoleh durasi pekerjaan selama 13 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan penghamparan *Drainage layer* dapat diselesaikan dalam waktu yang sesuai kapasitas alat yang tersedia.

B. Durasi Pekerjaan Pemadatan *Drainage layer*

- Produktivitas *Vibratory Compactor Smooth Drum* /hari $= \text{Q4} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 52{,}0290 \times 1 \times 7$
  $= 364{,}203$ (m³/hari)
- *Water Tank Truck* $= \text{Q5} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 65{,}5225 \times 1 \times 7$
  $= 458{,}658$ (m³/hari)
- Durasi Pekerjaan Penghamparan $= \frac{Volume}{Produktivitas}$ $= \frac{7402{,}50}{364{,}203}$

$= 21$ (Hari)

Pekerjaan pemadatan *Drainage layer* pada STA dilakukan dengan menggunakan *Vibratory Compactor Smooth Drum* dan *Water Tank Truck*. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian tertinggi berasal dari *Water Tank Truck* dengan nilai 458,658 m³/hari, sedangkan produktivitas terendah adalah *Vibratory Compactor Smooth Drum* sebesar 364,203 m³/hari yang digunakan sebagai acuan perhitungan durasi. Dengan total volume pekerjaan yang harus diselesaikan sebesar 7.402,50 m³, diperoleh durasi pekerjaan selama 21 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan pemadatan *Drainage layer* dapat diselesaikan dalam waktu yang sesuai kapasitas alat yang tersedia.

C. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Penghamparan *Drainage layer*

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan penghamparan *Drainage layer* pada STA 32+000 - 33+500 (1.500 m) melibatkan 11 orang tenaga kerja serta penggunaan alat berat seperti *Wheel Loader*, *Dump Truck*, dan *Motor Grader*. Dengan volume pekerjaan sebesar 7.402,50 m³ dan durasi pelaksanaan selama 13 hari, total biaya pekerjaan yang dihitung mencapai Rp 1.661.680.170. Biaya terbesar berasal dari penggunaan alat berat, khususnya *Wheel Loader*, yang menunjukkan bahwa alat berat sangat mempengaruhi total biaya pelaksanaan pekerjaan ini dibandingkan dengan tenaga kerja**.**

Tabel 4. 45 RAP Pekerjaan Penghamparan *Drainage layer* STA 32+000-33+500

Drainage Layer STA 32+000 - 33+500 (1.500 M)												
Penghamparan												
No.	**Uraian**	**sat**	**Koef**	**Prod**	**Max Manpower**	**Jumlah Pekerja**	**Total Produktivitas**	**Durasi**	**Harga Satuan (Rp)**		**Jumlah Harga (Rp)**	
1	**Tenaga Kerja**					11	607,9615809	13				
2	**Volume**	m^3	7402,50									
A	**Upah**											
	Mandor	OH	0,0115139	86,85165	1	1	86,85165441	13	Rp	147.000	Rp	1.911.000
	Pekerja	OH	0,1151389	8,685165	10	10	86,85165441	13	Rp	104.999	Rp	13.649.870
								JUMLAH UPAH PEKERJA			**Rp**	**15.560.870**
B	**Bahan/Material**											
	Lapis Drainase		1,2750651							150.000,00	Rp	1.110.375.000
								JUMLAH TENAGA BAHAN			**Rp**	**1.110.375.000**
C.	**Peralatan**											
	WHEEL LOADER	Jam	0,0078376	127,5903		1	893,1322145		Rp	813.400	Rp	74.019.400
	DUMP TRUCK	Jam	0,0417574	23,94788		4	670,5405899		Rp	1.036.800	Rp	377.395.200
	MOTOR GRADER	Jam	0,0115139	86,85165		1	607,9615809		Rp	926.700	Rp	84.329.700
								JUMLAH TENAGA ALAT			**Rp**	**535.744.300**
D.	**Jumlah (A+B+C)**										**Rp**	**1.661.680.170**
E.	**Overhead + Profit**	**10 %**									**Rp**	**166.168.017**
F.	**Harga Pekerjaan (D+E)**										**Rp**	**1.827.848.187**

Tabel 4.45 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) pekerjaan penghamparan *Drainage layer At Grade* STA 32+000 – 33+500. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan

D. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Pemadatan *Drainage layer*

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan pemadatan *Drainage layer* pada STA 32+000 - 33+500 (1.500 m) melibatkan 11 orang tenaga kerja serta penggunaan alat berat seperti Vibratory Compactor dan *Water Tank Truck*. Dengan volume pekerjaan sebesar 7.402,50 m³ dan durasi pelaksanaan selama 21 hari, total biaya pekerjaan yang dihitung mencapai Rp 214.591.883. Biaya terbesar berasal dari penggunaan alat berat, dengan total biaya alat mencapai Rp 195.083.490, yang menunjukkan bahwa alat berat sangat mempengaruhi total biaya pelaksanaan pekerjaan ini dibandingkan dengan tenaga kerja.

Tabel 4. 46 RAP Pekerjaan Pemadatan *Drainage layer* STA 32+000-33+500

Drainage Layer STA 32+000 - 33+500 (1.500 M)											
Pemadatan											
No.	Uraian	sat	Koef	Prod	Max Manpower	Jumlah Pekerja	Total Produktivitas	Durasi	Harga Satuan (Rp)		Jumlah Harga (Rp)
1	**Tenaga Kerja**					11	364,2031181	21			
2	**Volume**	m^3	7402,50								
A	**Upah**										
	Mandor	OH	0,0115139	86,85165	1	1	86,85165441	21	Rp 147.000	Rp	3.087.000
	Pekerja	OH	0,1151389	8,685165	10	10	86,85165441	21	Rp 104.999	Rp	22.049.790
								JUMLAH UPAH PEKERJA		**Rp**	**25.136.790**
B	**Bahan/Material**										
	Lapis Drainase		1,3093788						150.000,00	Rp	-
								JUMLAH TENAGA BAHAN		**Rp**	-
C.	**Peralatan**										
	VIBRATORY COMPACTOR	Jam	0,01922	52,02902		1	364,2031181		Rp 608.700	Rp	89.478.900
	WATERTANK TRUCK	Jam	0,0152619	65,52257		1	458,658		Rp 547.400	Rp	80.467.800
								JUMLAH TENAGA ALAT		**Rp**	**169.946.700**
D.	**Jumlah (A+B+C)**									**Rp**	**195.083.490**
E.	**Overhead + Profit**	**10 %**								**Rp**	**19.508.349**
F.	**Harga Pekerjaan (D+E)**									**Rp**	**214.591.839**

Tabel 4.46 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) pekerjaan pemadatam *Drainage layer At Grade* STA 32+000 – 33+500. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.1.6 Pekerjaan Lean concrete At Grade

Lean concrete adalah campuran beton dengan kadar semen yang lebih rendah dibandingkan beton normal, yang digunakan sebagai lapisan bawah atau pondasi pada konstruksi jalan tol, landasan, atau struktur lainnya. Tujuan utama dari *lean concrete* adalah untuk memberikan kestabilan dan mendistribusikan beban dari struktur atas ke lapisan bawah tanpa memerlukan kekuatan beton yang terlalu tinggi. Umumnya, *lean concrete* terdiri dari campuran agregat kasar, pasir, dan sedikit semen, serta air, sehingga lebih ekonomis dalam hal penggunaan material. Alat yang digunakan *Concrete Vibrator* dan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar PERMENPUPR NO. 1 Tahun 2022. Penghitungan produktivitas pekerjaan *lean concrete* menjadi penting agar pelaksanaan dapat berjalan sesuai dengan jadwal.

a. *Concrete Vibrator*

- Kapasitas Pemadatan (V) $=3$ (m^3)
- Faktor Efisiensi Alat (Fa) $= 0{,}83$
- Kapasitas Produktivitas ($v \times Fa$) (Q1) $= 3 \times 0{,}83$
  $= 2{,}49$ (m^3/Jam)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q1}\right)$ $= 0{,}4016$ (Jam)

A. Durasi Pekerjaan *Lean concrete At Grade* STA 32+000 – 33+500

- Produktivitas *Concrete Vibrator*/hari $= Q1 \times$ Jumlah Alat $\times$ Tk $= 2{,}49 \times 5 \times 7$
  $= 87{,}15$ (m^3/hari)
- Durasi Pekerjaan Penghamparan $= \frac{Volume}{Produktivitas}$ $= \frac{3885{,}00}{87{,}15}$
  $= 45$ (Hari)

Pekerjaan *lean concrete* pada STA 32+000 – 33+500 dilakukan dengan menggunakan alat *Concrete Vibrator*. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian untuk pekerjaan ini adalah 87,15 m³/hari, yang dihitung berdasarkan jumlah alat dan waktu kerja yang digunakan. Dengan volume pekerjaan sebesar 3885,00 m³, diperoleh durasi pekerjaan selama 45 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan dapat diselesaikan dalam waktu yang efisien sesuai dengan kapasitas alat yang tersedia.

B. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Pengecoran *Lean concrete*

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan pengecoran *lean concrete* pada STA 32+000-33+500 melibatkan 11 orang tenaga kerja serta 1 jenis alat berat, yaitu *Concrete Vibrator*. Dengan volume pekerjaan sebesar 3885,00 m³ dan durasi pelaksanaan selama 45 hari, total biaya pekerjaan yang dihitung mencapai Rp 3.354.854.550. Biaya terbesar berasal dari penggunaan tenaga kerja dan alat berat, menunjukkan bahwa pekerjaan ini sangat bergantung pada peralatan dan tenaga kerja yang tersedia untuk mencapai hasil yang optimal dalam durasi yang ditetapkan.

Tabel 4. 47 RAP Pekerjaan Pengecoran *Lean concrete* STA 32+000-33+500

Lean Concrete STA 32+000 - 33+500 (1.500 M)											
Pengecoran											
No.	Uraian	sat	Koef	Prod	Max Manpower	Jumlah Pekerja	Total Produktivitas	Durasi	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)	
1	**Tenaga Kerja**					11	87,15	45			
2	**Volume**	m^3	3885,00								
A	**Upah**										
	Mandor	OH	0,04	25	1	1	25	45	Rp 147.000	Rp	6.615.000
	Kepala Tukang	OH	0,01	100	1	0	0	45	Rp 127.498	Rp	-
	Tukang	OH	0,1	10	3	0	0	45	Rp 127.498	Rp	-
	Pekerja	OH	0,4	2,5	10	10	25	45	Rp 104.999	Rp	47.249.550
								JUMLAH UPAH PEKERJA		**Rp**	**53.864.550**
B	**Bahan/Material**										
	Beton kelas E		1,03						760.000,00	Rp	2.952.600.000
								JUMLAH TENAGA BAHAN		**Rp**	**2.952.600.000**
C.	**Peralatan**										
	CONCRETE VIBRATOR	Jam	0,4016064	2,49		5	87,15		Rp 221.200	Rp	348.390.000
										Rp	-
								JUMLAH TENAGA ALAT		**Rp**	**348.390.000**
D.	**Jumlah (A+B+C)**									**Rp**	**3.354.854.550**
E.	**Overhead + Profit**	**10 %**								**Rp**	**335.485.455**
F.	**Harga Pekerjaan (D+E)**									**Rp**	**3.690.340.005**

Tabel 4.47 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) pekerjaan pengecoran *lean concrete* STA 32+000 – 33+500. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.1.7 Pekerjaan *Rigid pavement* At Grade

Rigid pavement adalah jenis perkerasan jalan yang menggunakan beton bertulang sebagai bahan utama untuk menahan beban lalu lintas. Pada proyek jalan tol, *rigid pavement* berfungsi sebagai lapisan perkerasan yang memberikan stabilitas dan ketahanan terhadap beban lalu lintas yang berat. Pekerjaan pembuatan *rigid pavement* melibatkan pengecoran beton bertulang di atas lapisan base atau sub-base yang sudah dipersiapkan sebelumnya. Untuk memastikan ketahanan dan kualitas struktur jalan, penting untuk memperhatikan ketebalan lapisan beton, kualitas material yang digunakan, serta teknik pengerjaan yang tepat. Alat yang digunakan *Slipform Concrete Paver, Excavator* dan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar PERMENPUPR NO. 1 Tahun 2022. Penghitungan produktivitas pekerjaan *rigid pavement* sangat penting untuk memastikan proyek dapat diselesaikan tepat waktu.

a. *Slipform Concrete Paver*

- Kapasitas (Lebar Hamparan) (b) $=7{,}5$ (m)
- Faktor Efisiensi Alat (Fa) $= 0{,}83$
- Tebal Hamparan (t) $= 0{,}3$ (m)
- Kecepatan Menghampar (v) $= 0{,}35$ (m/menit)
- Kapasitas Produktivitas (Q1) $= 7{,}5 \times 0{,}35 \times 0{,}83 \times 60 \times 0{,}3$
- $(b \times v \times Fa \times 60 \times t)$ $= 39{,}2175$ (m^3/Jam)

- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q1}\right)$ $= 0{,}0255$ (Jam)

b. *Excavator* (Perapihan Beton Pada *Slipform Concrete Paver*)

- Kapasitas Produktivitas (Perapihan) (Q2) $=39{,}2175$ (m^3/Jam)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q1}\right)$ $= 0{,}0255$ (Jam)

A. Durasi Pekerjaan Pengecoran *Rigid pavement*

- Produktivitas *Slipform Concrete Paver* /hari $= \text{Q1} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 39{,}2175 \times 1 \times 7$ $= 549{,}045$ (m^3/hari)
- Produktivitas *Excavator* /hari $= \text{Q2} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 39{,}2175 \times 1 \times 7$ $= 549{,}045$ (m^3/hari)
- Durasi Pekerjaan Penghamparan $= \frac{Volume}{Produktivitas}$ $= \frac{11655}{549{,}045}$ $= 22$ (Hari)

Pekerjaan pengecoran *rigid pavement* pada STA dilakukan dengan menggunakan alat *Slipform Concrete Paver* dan *Excavator*. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian untuk *Slipform Concrete Paver* dan *Excavator* adalah sebesar 549,045 m³/hari, yang digunakan sebagai acuan dalam perhitungan durasi. Dengan total volume pekerjaan sebesar 11.655 m³, diperoleh durasi pekerjaan selama 22 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan pengecoran *rigid pavement* dapat diselesaikan dalam waktu yang sesuai dengan kapasitas alat yang tersedia.

B. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Pengecoran *Rigid pavement*

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan pengecoran *rigid pavement* pada STA 32+000-33+500 melibatkan 11 orang tenaga kerja serta 2 jenis alat berat, yaitu *Slipform Concrete Paver* dan *Excavator*. Dengan volume pekerjaan sebesar 11.655 m³ dan durasi pelaksanaan selama 22 hari, total biaya pekerjaan yang dihitung mencapai Rp 11.947.547.980. Biaya terbesar berasal dari penggunaan alat berat, menunjukkan bahwa pekerjaan ini sangat bergantung pada peralatan dibandingkan tenaga kerja manual.

Tabel 4. 48 RAP Pekerjaan Pengecoran *Rigid pavement STA 32+000-33+500*

Rigid Pavement STA 32+000 - 33+500 (1.500 M)											
Penghamparan											
No.	Uraian	sat	Koef	Prod	Max Manpower	Jumlah Pekerja	Total Produktivitas	Durasi	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)	
1	Tenaga Kerja					11	549,045	22			
2	Volume	m^3	11655,00								
A	Upah										
	Mandor	OH	0,0018213	549,045	1	1	549,045	22	Rp 147.000	Rp	3.234.000
	Pekerja	OH	0,0182	54,94505	10	10	549,4505495	22	Rp 104.999	Rp	23.099.780
								JUMLAH UPAH PEKERJA		Rp	26.333.780
B	Bahan/Material										
	Beton kelas P (Fs = 45)		1,02						950.000,00	Rp	11.293.695.000
								JUMLAH TENAGA BAHAN		Rp	11.293.695.000
C.	Peralatan										
	SLIPFORM CONCRETE PAVE	Jam	0,0254988	39,2175		1	549,045		Rp 3.654.300	Rp	562.762.200
	EXCAVATOR	Jam	0,0254988	39,2175		1	549,045		Rp 420.500	Rp	64.757.000
								JUMLAH TENAGA ALAT		Rp	627.519.200
D.	Jumlah (A+B+C)									Rp	11.947.547.980
E.	Overhead + Profit 10 %									Rp	1.194.754.798
F.	Harga Pekerjaan (D+E)									Rp	13.142.302.778

Tabel 4.48 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) pekerjaan pengecoran *rigid pavement* STA 32+000 – 33+500. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.2 Produktivitas pada Pekerjaan *Box*

4.6.2.1 Pekerjaan *Lean concrete Box* dan Wing Wall

Lean concrete Box culvert berfungsi untuk menjaga kelancaran aliran air tanpa mengganggu kestabilan jalan dan struktur lainnya. *Box* culvert ini umumnya dipasang di bawah jalan untuk mencegah terjadinya genangan air yang dapat merusak permukaan jalan. Pekerjaan pembuatan *lean concrete Box* culvert melibatkan pembuatan cetakan, pengecoran beton, dan pemasangan saluran sesuai dengan desain drainase yang telah direncanakan. Produktivitas pekerjaan pembuatan *Box* culvert ini harus dihitung dengan mempertimbangkan volume material waktu pengecoran, dan jumlah tenaga kerja atau alat yang digunakan agar proyek dapat berjalan efisien, tepat waktu, dan dengan biaya yang terkendali. Alat yang digunakan *Concrete Vibrator* dan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar PERMENPUPR NO. 1 Tahun 2022.

a. *Concrete Vibrator*

- Kapasitas Pemadatan (V) $= 3\ (m^3)$
- Faktor Efisiensi Alat (Fa) $= 0{,}83$
- Kapasitas Produktivitas (v × Fa) (Q1) $= 3 \times 0{,}83$
  $= 2{,}49\ (m^3/Jam)$
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q1}\right)$ $= 0{,}4016$ (Jam)

A. Durasi Pekerjaan *Lean concrete Box* STA 32+055

- Produktivitas *Concrete Vibrator*/hari $= Q1 \times \text{Jumlah Alat} \times Tk = 2{,}49 \times 1 \times 7 = 2{,}49$ (m^3/hari)
- Durasi Pekerjaan Penghamparan $= \frac{Volume}{Produktivitas} = \frac{7{,}14}{2{,}49} = 3$ (Hari)

Pekerjaan pengecoran *lean concrete* pada STA 32+055 untuk *Box* dilakukan dengan menggunakan alat *Concrete Vibrator*. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian untuk pekerjaan ini adalah sebesar 2,49 m³/hari, yang digunakan sebagai acuan dalam perhitungan durasi. Dengan volume pekerjaan sebesar 7,14 m³, diperoleh durasi pekerjaan selama 3 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan pengecoran *lean concrete* pada *Box* dapat diselesaikan dalam waktu yang sesuai kapasitas alat yang tersedia.

B. Durasi Pekerjaan *Lean concrete Wing Wall* STA 32+055

- Produktivitas *Concrete Vibrator*/hari $= Q1 \times \text{Jumlah Alat} \times Tk = 2{,}49 \times 1 \times 7 = 2{,}49$ (m^3/hari)
- Durasi Pekerjaan Penghamparan $= \frac{Volume}{Produktivitas} = \frac{6{,}41}{2{,}49} = 3$ (Hari)

Pekerjaan pengecoran *lean concrete* pada STA 32+055 dilakukan dengan menggunakan alat *Concrete Vibrator*. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian untuk pekerjaan ini adalah sebesar 2,49 m³/hari, yang digunakan sebagai acuan dalam perhitungan durasi. Dengan volume pekerjaan sebesar 6,41 m³, diperoleh durasi pekerjaan selama 3 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan pengecoran *lean concrete* dapat diselesaikan dalam waktu yang sesuai kapasitas alat yang tersedia.

C. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Pengecoran *Lean concrete* pada *Box*

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan pengecoran *lean concrete* pada *Box* STA 32+055 melibatkan 11 orang tenaga kerja serta 1 jenis alat berat, yaitu *Concrete Vibrator*. Dengan volume pekerjaan sebesar 7,14 m³ dan durasi pelaksanaan selama 3 hari, total biaya pekerjaan yang dihitung mencapai Rp 13.826.928. Biaya terbesar berasal dari penggunaan material dan tenaga kerja, menunjukkan bahwa pekerjaan ini sangat bergantung pada tenaga kerja dan material yang digunakan dibandingkan dengan alat berat.

Tabel 4. 49 RAP Pekerjaan Pengecoran *Lean concrete* pada *Box STA 32+055*

PEKERJAAN BOX CULVERT STA 32+055											
Pengecoran LC Badan Box											
No.	**Uraian**	**sat**	**Koef**	**Prod**	**Max Manpower**	**Jumlah Pekerja**	**Total Produktivitas**	**Durasi**	**Harga Satuan (Rp)**	**Jumlah Harga (Rp)**	
1	**Tenaga Kerja**					11	2,49	3			
2	**Volume**	m^3	7,14								
A	**Upah**										
	Mandor	OH	0,0400	25	1	1	25	3	Rp 147.000	Rp	441.000
	Pekerja	OH	0,400	2,5	10	10	25	3	Rp 104.999	Rp	3.149.970
								JUMLAH UPAH PEKERJA		**Rp**	**3.590.970**
B	**Bahan/Material**										
	Beton kelas E		1,03						760.000,00	Rp	5.590.758
								JUMLAH TENAGA BAHAN		**Rp**	**5.590.758**
C.	**Peralatan**										
	CONCRETE VIBRATOR	Jam	0,401606	2,49		1	2,49		Rp 221.200	Rp	4.645.200
										Rp	-
								JUMLAH TENAGA ALAT		**Rp**	**4.645.200**
D.	**Jumlah (A+B+C)**									**Rp**	**13.826.928**
E.	**Overhead + Profit**	**10 %**								**Rp**	**1.382.693**
F.	**Harga Pekerjaan (D+E)**									**Rp**	**15.209.620**

Tabel 4.49 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) pekerjaan pengecoran *lean concrete* pada *box* STA 32+000 – 33+500. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

D. Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) Pekerjaan Pengecoran *Lean concrete* pada *Wing Wall*

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan pengecoran *lean concrete* pada Wing Wall *Box* STA 32+055 melibatkan 11 orang tenaga kerja serta 1 jenis alat berat, yaitu *Concrete Vibrator*. Dengan volume pekerjaan sebesar 6,41 m^3 dan durasi pelaksanaan selama 3 hari, total biaya pekerjaan yang dihitung mencapai Rp 13.252.071. Biaya terbesar berasal dari penggunaan tenaga kerja dan material, menunjukkan bahwa pekerjaan ini sangat bergantung pada tenaga kerja dan material yang digunakan.

Tabel 4. 50 Pekerjaan Pengecoran *Lean concrete* pada *Wing Wall Box STA 32+055*

PEKERJAAN BOX CULVERT STA 32+055											
Pengecoran LC Wing Wall											
No.	**Uraian**	**sat**	**Koef**	**Prod**	**Max Manpower**	**Jumlah Pekerja**	**Total Produktivitas**	**Durasi**	**Harga Satuan (Rp)**	**Jumlah Harga (Rp)**	
1	**Tenaga Kerja**					11	2,49	3			
2	**Volume**	m^3	6,41								
A	**Upah**										
	Mandor	OH	0,04	25	1	1	25	3	Rp 147.000	Rp	441.000
	Pekerja	OH	0,4	2,5	10	10	25	3	Rp 104.999	Rp	3.149.970
								JUMLAH UPAH PEKERJA		**Rp**	**3.590.970**
B	**Bahan/Material**										
	Beton kelas E		1,03						760.000,00	Rp	5.015.901
								JUMLAH TENAGA BAHAN		**Rp**	**5.015.901**
C.	**Peralatan**										
	CONCRETE VIBRATOR	Jam	0,401606	2,49		1	2,49		Rp 221.200	Rp	4.645.200
										Rp	-
								JUMLAH TENAGA ALAT		**Rp**	**4.645.200**
D.	**Jumlah (A+B+C)**									**Rp**	**13.252.071**
E.	**Overhead + Profit**	**10 %**								**Rp**	**1.325.207**
F.	**Harga Pekerjaan (D+E)**									**Rp**	**14.577.278**

Tabel 4.50 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) pekerjaan Pengecoran *Lean concrete* pada *Wing Wall Box STA 32+055*. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.2.2 Pekerjaan Pembesian *Box* dan *Wing Wall*

Pekerjaan pembesian *Box* culvert dapat dihitung berdasarkan jumlah volume besi yang dipasang dalam waktu tertentu, atau jumlah unit *Box* culvert yang berhasil dipasang pembesian dalam periode waktu tertentu. Alat yang digunakan *Bar Cutter, Bar Bender* dan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar PERMENPUPR NO. 1 Tahun 2022.

a. *Bar Bender*

- Kapasitas Produksivitas (Q1) $=\frac{1}{0{,}04} \times 100$
  $=2500$ (Kg/Jam)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q1}\right)$ $= 0{,}0004$ (Hari)

b. *Bar Cutter*

- Kapasitas Produksivitas (Q2) $=\frac{1}{0{,}04} \times 100$
  $=2500$ (Kg/Jam)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q2}\right)$ $= 0{,}0004$ (Hari)

A. Durasi Pekerjaan Pembesian *Box* STA 32+055

- Produktivitas *Bar Bender*/hari $= \text{Q1} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 2500 \times 1 \times 7$
  $= 17500$ (kg/hari)
- Produktivitas *Bar Cutter*/hari $= \text{Q2} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 2500 \times 1 \times 7$
  $= 17500$ (kg/hari)
- Durasi Pekerjaan Pembesian $= \frac{Volume}{Produktivitas}$ $= \frac{10127{,}64}{17500}$
  $= 1$ (Hari)

Pekerjaan pembesian pada *Box* STA 32+055 dilakukan dengan menggunakan alat *Bar Bender* dan *Bar Cutter*. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian untuk *Bar Bender* dan *Bar Cutter* adalah 17.500 kg/hari, yang digunakan sebagai acuan dalam perhitungan durasi. Dengan total volume pekerjaan sebesar 10.127,64 kg, diperoleh durasi pekerjaan selama 1 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan pembesian dapat diselesaikan dalam waktu yang efisien sesuai kapasitas alat yang tersedia.

B. Durasi Pekerjaan Pembesian *Wing Wall* STA 32+055

- Produktivitas *Bar Bender*/hari $= Q1 \times \text{Jumlah Alat} \times Tk = 2500 \times 1 \times 7$
  $= 17500$ (kg/hari)
- Produktivitas *Bar Cutter*/hari $= Q2 \times \text{Jumlah Alat} \times Tk = 2500 \times 1 \times 7$
  $= 17500$ (kg/hari)
- Durasi Pekerjaan Pembesian $= \frac{Volume}{Produktivitas} = \frac{2275{,}52}{17500}$
  $= 1$ (Hari)

Pekerjaan pembesian pada Wing Wall *Box* STA 32+055 dilakukan dengan menggunakan alat *Bar Bender* dan *Bar Cutter*. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian untuk *Bar Bender* dan *Bar Cutter* adalah 17.500 kg/hari, yang digunakan sebagai acuan dalam perhitungan durasi. Dengan total volume pekerjaan sebesar 2.275,52 kg, diperoleh durasi pekerjaan selama 1 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan pembesian dapat diselesaikan dalam waktu yang efisien sesuai kapasitas alat yang tersedia.

C. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Pembesian *Box* STA 32+055

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan pembesian pada *Box* STA 32+055 melibatkan 16 orang tenaga kerja serta 2 jenis alat, yaitu *Bar Cutter* dan *Bar Bender*. Dengan volume pekerjaan sebesar 10.127,64 kg dan durasi pelaksanaan selama 1 hari, total biaya pekerjaan yang dihitung mencapai Rp 118.104.692. Biaya terbesar berasal dari penggunaan material dan tenaga kerja, menunjukkan bahwa pekerjaan ini sangat bergantung pada tenaga kerja dan material yang digunakan.

Tabel 4. 51 RAP Pekerjaan Pembesian *Box* STA 32+055

PEKERJAAN BOX CULVERT STA 32+055											
Pembesian Badan Box											
No.	**Uraian**	**sat**	**Koef**	**Prod**	**Max Manpower**	**Jumlah Pekerja**	**Total Produktivitas**	**Durasi**	**Harga Satuan (Rp)**		**Jumlah Harga (Rp)**
1	**Tenaga Kerja**					16	17500	1			
2	**Volume**	kg	10127,64								
A	**Upah**										
	Mandor	OH	0,00016	6250	1	1	6250	1	Rp 147.000	Rp	147.000
	Tukang Besi	OH	0,0008	1250	5	5	6250	1	Rp 127.498	Rp	637.490
	Pekerja	OH	0,0016	625	10	10	6250	1	Rp 104.999	Rp	1.049.990
								JUMLAH UPAH PEKERJA		**Rp**	**1.834.480**
B	**Bahan/Material**										
	Besi Ulir/Besi Polos		1,05						10.560,00	Rp	112.295.291
	Kawat Pengikat		0,015						24.350,00	Rp	3.699.121
								JUMLAH TENAGA BAHAN		**Rp**	**115.994.412**
C.	**Peralatan**										
	Bar Cutter	Jam	0,0004	2500		1	17500		Rp 19.700	Rp	137.900
	Bar Bender	Jam	0,0004	2500		1	17500		Rp 19.700	Rp	137.900
								JUMLAH TENAGA ALAT		**Rp**	**275.800**
D.	**Jumlah (A+B+C)**									**Rp**	**118.104.692**
E.	**Overhead + Profit**	**10 %**								**Rp**	**11.810.469**
F.	**Harga Pekerjaan (D+E)**									**Rp**	**129.915.161**

Tabel 4.51 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) pekerjaan Pembesian *Box STA 32+055*. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

D. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Pembesian *Wing Wall* STA 32+055

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan pembesian pada Wing Wall *Box* STA 32+055 melibatkan 16 orang tenaga kerja serta 2 jenis alat, yaitu *Bar Cutter* dan *Bar Bender*. Dengan volume pekerjaan sebesar 2.275,52 kg dan durasi pelaksanaan selama 1 hari, total biaya pekerjaan yang dihitung mencapai Rp 28.172.379. Biaya terbesar berasal dari penggunaan material dan tenaga kerja, menunjukkan bahwa pekerjaan ini sangat bergantung pada tenaga kerja dan material yang digunakan.

Tabel 4. 52 RAP Pekerjaan Pembesian *Wing Wall* STA 32+055

PEKERJAAN BOX CULVERT STA 32+055											
				Pembesian Wing Wall							
No.	**Uraian**	**sat**	**Koef**	**Prod**	**Max Manpower**	**Jumlah Pekerja**	**Total Produktivitas**	**Durasi**	**Harga Satuan (Rp)**		**Jumlah Harga (Rp)**
1	**Tenaga Kerja**					16	17500	1			
2	**Volume**	kg	2275,52								
A	**Upah**										
	Mandor	OH	0,00016	6250	1	1	6250	1	Rp 147.000	Rp	147.000
	Tukang Besi	OH	0,0008	1250	5	5	6250	1	Rp 127.498	Rp	637.490
	Pekerja	OH	0,0016	625	10	10	6250	1	Rp 104.999	Rp	1.049.990
								JUMLAH UPAH PEKERJA		**Rp**	**1.834.480**
B	**Bahan/Material**										
	Besi Ulir/Besi Polos		1,05						10.560,00	Rp	25.230.966
	Kawat Pengikat		0,015						24.350,00	Rp	831.134
								JUMLAH TENAGA BAHAN		**Rp**	**26.062.099**
C.	**Peralatan**										
	Bar Cutter	Jam	0,0004	2500		1	17500		Rp 19.700	Rp	137.900
	Bar Bender	Jam	0,0004	2500		1	17500		Rp 19.700	Rp	137.900
								JUMLAH TENAGA ALAT		**Rp**	**275.800**
D.	**Jumlah (A+B+C)**									**Rp**	**28.172.379**
E.	**Overhead + Profit**	**10 %**								**Rp**	**2.817.238**
F.	**Harga Pekerjaan (D+E)**									**Rp**	**30.989.617**

Tabel 4.52 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) pekerjaan Pembesian Wing Wall STA *32+055*. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.2.3 Pekerjaan Bekisiting *Box* dan *Wing Wall*

Bekisting ini berfungsi untuk menahan beton pada posisi dan bentuk yang diinginkan sampai beton mengeras dan memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan beban. Pekerjaan Pemasangan Bekisting pada *Box* culvert sangat penting untuk memastikan bahwa dimensi dan bentuk dari *Box* culvert sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan dalam desain. Produktivitas Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Box* culvert dapat dihitung berdasarkan waktu yang dibutuhkan untuk mempersiapkan dan memasang bekisting untuk satu unit *Box* culvert atau sejumlah unit dalam satu periode kerja. Alat yang digunakan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar Cipta Karya dan Perumahan Lampiran IV.

Tabel 4. 53 Pekerja pada Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Box* dan Wing Wall

No.	Uraian	sat	Koef	Prod	Max Manpower	Jumlah Pekerja	Total Produktivitas
1	**Tenaga Kerja**					31	90,90909091
	Mandor	OH	0,033	30,30303	1	1	30,3030303
	Tukang Kayu	OH	0,33	3,030303	10	10	30,3030303
	Pekerja	OH	0,66	1,515152	20	20	30,3030303

A. Durasi Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Box* STA 32+055

- Durasi Pekerjaan Pemasangan Bekisting $= \frac{Volume}{Produktivitas} = \frac{249,97}{90,9}$

$= 3$ (Hari)

Pekerjaan Pemasangan Bekisting pada *Box* STA 32+055 dilakukan dengan menggunakan peralatan yang sesuai dengan standar produktivitas. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian Pekerjaan Pemasangan Bekisting adalah sebesar 90,9 m²/hari. Dengan volume pekerjaan sebesar 249,97 m², diperoleh durasi pekerjaan selama 3 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa Pekerjaan Pemasangan Bekisting dapat diselesaikan dalam waktu yang efisien sesuai kapasitas peralatan yang tersedia.

B. Durasi Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Wing Wall* STA 32+055

- Durasi Pekerjaan Pemasangan Bekisting $= \frac{Volume}{Produktivitas} = \frac{172,32}{90,9}$

$= 2$ (Hari)

Pekerjaan Pemasangan Bekisting pada Wing Wall STA 32+055 dilakukan dengan menggunakan peralatan yang sesuai dengan standar produktivitas. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian Pekerjaan Pemasangan Bekisting adalah sebesar 90,9 m²/hari. Dengan volume pekerjaan sebesar 172,32 m², diperoleh durasi pekerjaan selama 2 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa Pekerjaan Pemasangan Bekisting dapat diselesaikan dalam waktu yang sesuai kapasitas peralatan yang tersedia.

C. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Box* STA 32+055

Rencana anggaran pelaksanaan Pekerjaan Pemasangan Bekisting pada Wing Wall *Box* STA 32+055 mencakup penggunaan 11 orang tenaga kerja dengan durasi pekerjaan selama 2 hari. Pekerjaan ini memiliki volume sebesar 172,32 m², dengan total biaya komponen utama (tenaga kerja, material, dan peralatan) sebesar Rp 5.691.376. Biaya terbesar berasal dari upah pekerja dan penggunaan material seperti plywood 12 mm, paku, balok kayu kelas 2, dan minyak. Hal

ini menunjukkan bahwa pemanfaatan tenaga kerja dan bahan material sangat memengaruhi keseluruhan anggaran Pekerjaan Pemasangan Bekisting ini.

Tabel 4. 54 RAP Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Box* STA 32+055

				PEKERJAAN BOX CULVERT		STA 32+055					
Pemasangan Bekisting Wing Wall											
No.	Uraian	sat	Koef	Prod	Max Manpower	Jumlah Pekerja	Total Produktivitas	Durasi	Harga Satuan (Rp)		Jumlah Harga (Rp)	
1	**Tenaga Kerja**					11	90,90909091	2				
2	**Volume**	m^2	172,32									
A	**Upah**											
	Mandor	OH	0,033	30,30303	1	1	30,3030303	2	Rp	147.000	Rp	294.000
	Tukang Kayu	OH	0,33	3,030303	10	10	30,3030303	2	Rp	127.498	Rp	2.549.960
	Pekerja	OH	0,66	1,515152	20	20	30,3030303	2	Rp	104.999	Rp	2.843.960
								JUMLAH UPAH PEKERJA			**Rp**	**5.687.920**
B	**Bahan/Material**											
	Plywood tebal 12 mm	lembar	0,127	58					Rp	82.500,00	Rp	607.695
	Paku	kg	0,4	95					Rp	21.000,00	Rp	798.000
	Balok Kayu Kelas 2	m3	0,00465						Rp	12.500,00	Rp	10.016
	Minyak	Ltr	0,15	1					Rp	23.040,00	Rp	3.456
C.	**Peralatan**											
								JUMLAH TENAGA ALAT			**Rp**	**-**
D.	**Jumlah (A+B+C)**										**Rp**	**5.691.376**
E.	**Overhead + Profit**	**10 %**									**Rp**	**569.138**
F.	**Harga Pekerjaan (D+E)**										**Rp**	**6.260.514**

Tabel 4.54 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Box* STA 32+055. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

D. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Wing Wall* STA 32+055

Rencana anggaran pelaksanaan Pekerjaan Pemasangan Bekisting Wing Wall pada *Box* STA 32+055 mencakup keterlibatan 11 orang tenaga kerja dengan durasi pelaksanaan selama 2 hari. Volume pekerjaan yang ditangani adalah sebesar 172,32 m². Dari hasil perhitungan, total biaya komponen utama yang mencakup tenaga kerja, bahan/material, dan peralatan mencapai Rp 5.691.376. Porsi biaya terbesar disumbang oleh upah pekerja dan material utama seperti plywood 12 mm, paku, balok kayu kelas 2, serta minyak. Hal ini mengindikasikan pentingnya pengelolaan tenaga kerja dan penggunaan bahan untuk menjaga biaya dalam pelaksanaan Pekerjaan Pemasangan Bekisting tersebut.

Tabel 4. 55 RAP Pekerjaan Pemasangan Bekisting Wing Wall STA 32+055

PEKERJAAN BOX CULVERT STA 32+055											
Pemasangan Bekisting Wing Wall											
No.	Uraian	sat	Koef	Prod	Max Manpower	Jumlah Pekerja	Total Produktivitas	Durasi	Harga Satuan (Rp)		Jumlah Harga (Rp)
1	**Tenaga Kerja**					11	90,90909091	2			
2	**Volume**	m^2	172,32								
A	**Upah**										
	Mandor	OH	0,033	30,30303	1	1	30,3030303	2	Rp	147.000	Rp 294.000
	Tukang Kayu	OH	0,33	3,030303	10	10	30,3030303	2	Rp	127.498	Rp 2.549.960
	Pekerja	OH	0,66	1,515152	20	20	30,3030303	2	Rp	104.999	Rp 2.843.960
								JUMLAH UPAH PEKERJA			**Rp 5.687.920**
B	**Bahan/Material**										
	Plywood tebal 12 mm	lembar	0,127	58					Rp	82.500,00	Rp 607.695
	Paku	kg	0,4	95					Rp	21.000,00	Rp 798.000
	Balok Kayu Kelas 2	m3	0,00465						Rp	12.500,00	Rp 10.016
	Minyak	Ltr	0,15	1					Rp	23.040,00	Rp 3.456
C.	**Peralatan**										
								JUMLAH TENAGA ALAT			**Rp -**
D.	**Jumlah (A+B+C)**										**Rp 5.691.376**
E.	**Overhead + Profit**	**10 %**									**Rp 569.138**
F.	**Harga Pekerjaan (D+E)**										**Rp 6.260.514**

Tabel 4.55 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) Pekerjaan Pemasangan Bekisting Wing Wall STA 32+055. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.2.4 Pekerjaan Pengecoran *Box* dan *Wing Wall*

Pengecoran *Box* culvert merupakan tahap penting dalam proses konstruksi *Box culvert*, di mana campuran beton dituangkan ke dalam bekisting yang telah dipasang dan dilengkapi dengan tulangan besi. Alat yang digunakan *Concrete Pump,Concrete Vibrator* dan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar PERMENPUPR NO. 1 Tahun 2022. Produktivitas pekerjaan pengecoran *Box culvert* umumnya dihitung berdasarkan volume beton yang dicor dalam waktu tertentu.

a. *Concrete Pump*

- Kapasitas Alat (V) $=80\ (m^3)$
- Faktor Efisiensi Alat (Fa) $= 0{,}83$
- Setting Boom (T1) $=\ 10\ (menit)$
- Memompa (T2) $=\ 40\ (menit)$
- Mengatur Boom saat Pengecoran (T3) $=\ 5\ (menit)$
- Menunggu (Pergantian Truck Mixer) (T4) $=\ 5\ (menit)$
- Waktu Siklus (T1 + T2 + T3 + T4) (Ts) $= 10 + 40 + 5 + 5$
  $=\ 60\ (menit)$
- Kapasitas Produktivitas $\left(\frac{v \times Fa \times 60}{Ts}\right)$ (Q1) $= \frac{80 \times 0{,}83 \times 60}{60}$
  $= 66{,}4000\ (m^3/Jam)$

- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q1}\right)$ $= 0{,}0151$ (Jam)

b. *Concrete Vibrator*

- Kapasitas Pemadatan (V) =3 (m^3)
- Faktor Efisiensi Alat (Fa) = 0,83
- Kapasitas Produktivitas (v × Fa) (Q2) $= 3 \times 0{,}83$
  $= 2{,}49$ (m^3/Jam)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q2}\right)$ $= 0{,}4016$ (Jam)

A. Durasi Pekerjaan Pengecoran *Box* STA 32+055

- Produktivitas *Concrete Pump* /hari $= \text{Q1} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 66{,}4 \times 1 \times 7$
  $= 464{,}8$ (m^3/hari)
- Produktivitas *Concrete Vibrator*/hari $= \text{Q2} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 2{,}49 \times 5 \times 7$
  $= 87{,}15$ (m^3/hari)
- Durasi Pekerjaan Pembesian $= \frac{Volume}{Produktivitas}$ $= \frac{75{,}18}{464{,}8}$
  $= 1$ (Hari)

Pekerjaan pengecoran pada *Box* STA 32+055 dilakukan dengan menggunakan alat *Concrete Pump* dan *Concrete Vibrator*. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian untuk *Concrete Pump* adalah 464,8 m³/hari, sementara untuk *Concrete Vibrator* adalah 87,15 m³/hari, yang digunakan sebagai acuan dalam perhitungan durasi. Dengan total volume pekerjaan sebesar 75,18 m³, diperoleh durasi pekerjaan selama 1 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan pengecoran dapat diselesaikan dalam waktu yang sesuai kapasitas alat yang tersedia.

B. Durasi Pekerjaan Pengecoran *Wing Wall* STA 32+055

- Produktivitas *Concrete Pump* /hari $= \text{Q1} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 66{,}4 \times 1 \times 7$
  $= 464{,}8$ (m^3/hari)
- Produktivitas *Concrete Vibrator*/hari $= \text{Q2} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 2{,}49 \times 2 \times 7$
  $= 52{,}29$ (m^3/hari)
- Durasi Pekerjaan Pembesian $= \frac{Volume}{Produktivitas}$ $= \frac{49{,}47}{464{,}8}$
  $= 1$ (Hari)

Pekerjaan pengecoran pada Wing Wall STA 32+055 dilakukan dengan menggunakan alat *Concrete Pump* dan *Concrete Vibrator*. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian untuk *Concrete Pump* adalah 464,8 m³/hari, sementara untuk *Concrete Vibrator* adalah 52,29

m^3/hari, yang digunakan sebagai acuan dalam perhitungan durasi. Dengan total volume pekerjaan sebesar 49,47 m^3, diperoleh durasi pekerjaan selama 1 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan pengecoran dapat diselesaikan dalam waktu yang sesuai kapasitas alat yang tersedia.

C. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Pengecoran Badan *Box*

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan pengecoran badan *Box* STA 32+055 melibatkan 11 orang tenaga kerja serta 2 jenis alat, yaitu *Concrete Pump* dan *Concrete Vibrator*. Dengan volume pekerjaan sebesar 75,18 m^3 dan durasi pelaksanaan selama 1 hari, total biaya pekerjaan yang dihitung mencapai Rp 86.860.781. Biaya terbesar berasal dari penggunaan material dan alat berat, menunjukkan bahwa pekerjaan ini sangat bergantung pada alat dibandingkan tenaga kerja manual.

Tabel 4. 56 RAP Pengecoran Badan *Box*

PEKERJAAN BOX CULVERT STA 32+055											
Pengecoran Badan Box											
No.	**Uraian**	**sat**	**Koef**	**Prod**	**Max Manpower**	**Jumlah Pekerja**	**Total Produktivitas**	**Durasi**	**Harga Satuan (Rp)**	**Jumlah Harga (Rp)**	
1	**Tenaga Kerja**					11	464,8	1			
2	**Volume**	m^3	75,18								
A	**Upah**										
	Mandor	OH	0,04	25	1	1	25	1	Rp 147.000	Rp	147.000
	Tukang	OH	0,1	10	3	2	20	1	Rp 127.498	Rp	254.996
	Pekerja	OH	0,4	2,5	10	8	20	1	Rp 104.999	Rp	401.996
								JUMLAH UPAH PEKERJA		**Rp**	**803.992**
B	**Bahan/Material**										
	Beton readymix kelas C		1,02						860.000,00	Rp	65.945.089
								JUMLAH TENAGA BAHAN		**Rp**	**65.945.089**
C.	**Peralatan**										
	CONCRETE PUMP	Jam	0,01506	66,4		1	464,8		Rp 1.767.100	Rp	12.369.700
	CONCRETE VIBRATOR	Jam	0,401606	2,49		5	87,15		Rp 221.200	Rp	7.742.000
								JUMLAH TENAGA ALAT		**Rp**	**20.111.700**
D.	**Jumlah (A+B+C)**									**Rp**	**86.860.781**
E.	**Overhead + Profit**	**10 %**								**Rp**	**8.686.078**
F.	**Harga Pekerjaan (D+E)**									**Rp**	**95.546.859**

Tabel 4.56 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) pekerjaan pengecoran badan *box* STA 32+055. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

D. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pengecoran *Wing Wall*

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan pengecoran Wing Wall *Box* STA 32+055 melibatkan 14 orang tenaga kerja serta 2 jenis alat, yaitu *Concrete Pump* dan *Concrete Vibrator*. Dengan volume pekerjaan sebesar 49,47 m^3 dan durasi pelaksanaan selama 1 hari, total biaya pekerjaan yang dihitung mencapai Rp 58.042.429. Biaya terbesar berasal dari penggunaan material dan alat berat, menunjukkan bahwa pekerjaan ini sangat bergantung pada alat dibandingkan tenaga kerja manual.

Tabel 4. 57 RAP Pengecoran *Wing Wall*

PEKERJAAN BOX CULVERT STA 32+055											
Pengecoran Wing Wall Box C2											
No.	**Uraian**	**sat**	**Koef**	**Prod**	**Max Manpower**	**Jumlah Pekerja**	**Total Produktivitas**	**Durasi**	**Harga Satuan (Rp)**	**Jumlah Harga (Rp)**	
1	**Tenaga Kerja**					14	464,8	1			
2	**Volume**	m^3	49,47								
A	**Upah**										
	Mandor	OH	0,04	25	1	1	25	1	Rp 147.000	Rp	147.000
	Tukang	OH	0,1	10	3	3	30	1	Rp 127.498	Rp	382.494
	Pekerja	OH	0,4	2,5	10	10	25	1	Rp 104.999	Rp	1.049.990
								JUMLAH UPAH PEKERJA		**Rp**	**1.579.484**
B	**Bahan/Material**										
	Beton readymix kelas C		1,02						860.000,00	Rp	42.544.845
								JUMLAH TENAGA BAHAN		**Rp**	**42.544.845**
C.	**Peralatan**										
	CONCRETE PUMP	Jam	0,01506	66,4		1	464,8		Rp 1.767.100	Rp	12.369.700
	CONCRETE VIBRATOR	Jam	0,401606	2,49		3	52,29		Rp 221.200	Rp	1.548.400
								JUMLAH TENAGA ALAT		**Rp**	**13.918.100**
D.	**Jumlah (A+B+C)**									**Rp**	**58.042.429**
E.	**Overhead + Profit**	**10 %**								**Rp**	**5.804.243**
F.	**Harga Pekerjaan (D+E)**									**Rp**	**63.846.672**

Tabel 4.57 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) pekerjaan pengecoran *wing wall box* STA 32+055. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.2.5 Pekerjaan Bongkar Bekisting *Box* dan *Wing Wall*

Tahap akhir dalam rangkaian pekerjaan pengecoran, yaitu proses melepas cetakan (bekisting) yang digunakan untuk membentuk struktur beton *Box* culvert setelah beton mencapai kekuatan awal yang cukup. Pembongkaran dilakukan secara hati-hati untuk menghindari kerusakan pada permukaan beton maupun struktur itu sendiri. Alat yang digunakan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar Cipta Karya dan Perumahan Lampiran IV.

Tabel 4. 58 Pekerja pada Pekerjaan Bongkar Bekisting *Box* dan Wing Wall

No.	**Uraian**	**sat**	**Koef**	**Prod**	**Max Manpower**	**Jumlah Pekerja**	**Total Produktivitas**
1	**Tenaga Kerja**					11	333,3333333
	Mandor	OH	0,006	166,6667	1	1	166,6666667
	Pekerja	OH	0,06	16,66667	10	10	166,6666667

A. Durasi Pekerjaan Pembongkaran Bekisting *Box* STA 32+055

- Durasi Pekerjaan Pembongkaran Bekisting $= \frac{Volume}{Produktivitas} = \frac{249,97}{333,33}$

$= 1$ (Hari)

Pekerjaan pembongkaran bekisting pada *Box* STA 32+055 dilakukan dengan menggunakan alat yang sesuai dengan standar produktivitas. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian

untuk pembongkaran bekisting adalah sebesar 333,33 m²/hari, yang digunakan sebagai acuan dalam perhitungan durasi. Dengan total volume pekerjaan sebesar 249,97 m², diperoleh durasi pekerjaan selama 1 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan pembongkaran bekisting dapat diselesaikan dalam waktu yang efisien sesuai kapasitas alat yang tersedia.

B. Durasi Pekerjaan Pembongkaran Bekisting *Wing Wall* STA 32+055

- Durasi Pekerjaan Pembongkaran Bekisting $= \frac{Volume}{Produktivitas} = \frac{172{,}32}{333{,}33}$

$= 1$ (Hari)

Pekerjaan pembongkaran bekisting pada Wing Wall STA 32+055 dilakukan dengan menggunakan peralatan yang sesuai dengan standar produktivitas. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian untuk pembongkaran bekisting adalah sebesar 333,33 m²/hari, yang digunakan sebagai acuan dalam perhitungan durasi. Dengan total volume pekerjaan sebesar 172,32 m², diperoleh durasi pekerjaan selama 1 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan pembongkaran bekisting dapat diselesaikan dalam waktu yang efisien sesuai kapasitas alat yang tersedia.

C. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Bongkar Bekisting *Box*

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan pembongkaran bekisting pada *Box* STA 32+055 melibatkan 11 orang tenaga kerja. Dengan volume pekerjaan sebesar 249,97 m² dan durasi pelaksanaan selama 1 hari, total biaya pekerjaan yang dihitung mencapai Rp 1.196.990. Biaya terbesar berasal dari penggunaan tenaga kerja, menunjukkan bahwa pekerjaan ini sangat bergantung pada tenaga kerja yang tersedia.

Tabel 4. 59 RAP Pekerjaan Bongkar Bekisting *Box*

PEKERJAAN BOX CULVERT STA 32+055											
Pembongkaran Bekisting Badan Box											
No.	**Uraian**	**sat**	**Koef**	**Prod**	**Max Manpower**	**Jumlah Pekerja**	**Total Produktivitas**	**Durasi**	**Harga Satuan (Rp)**		**Jumlah Harga (Rp)**
1	**Tenaga Kerja**					11	333,3333333	1			
2	**Volume**	m^2	249,97								
A	**Upah**										
	Mandor	OH	0,006	166,6667	1	1	166,6666667	1	Rp 147.000	Rp	147.000
	Pekerja	OH	0,06	16,66667	10	10	166,6666667	1	Rp 104.999	Rp	1.049.990
								JUMLAH UPAH PEKERJA		**Rp**	**1.196.990**
B	**Bahan/Material**										
								JUMLAH TENAGA BAHAN		**Rp**	-
C.	**Peralatan**										
								JUMLAH TENAGA ALAT		**Rp**	-
D.	**Jumlah (A+B+C)**									**Rp**	**1.196.990**
E.	**Overhead + Profit**	**10 %**								**Rp**	**119.699**
F.	**Harga Pekerjaan (D+E)**									**Rp**	**1.316.689**

Tabel 4.59 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) pekerjaan pembongkaran bekisting badan *box* STA 32+055. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

D. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Bongkar Bekisting *Wing Wall*

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan pembongkaran bekisting wing wall pada STA 32+055 melibatkan dua jenis tenaga kerja, yaitu mandor dan pekerja, tanpa penggunaan material tambahan maupun peralatan berat. Volume pekerjaan yang ditangani seluas 172,32 m² dengan produktivitas harian mencapai 333,33 m², sehingga pekerjaan ini diproyeksikan selesai dalam waktu 1 hari. Total biaya tenaga kerja yang dihitung adalah sebesar Rp1.196.990, dengan komponen terbesar berasal dari upah pekerja harian.

Tabel 4. 60 RAP Pekerjaan Bongkar Bekisting *Wing Wall*

PEKERJAAN BOX CULVERT STA 32+055											
Pembongkaran Bekisting Wing Wall											
No.	**Uraian**	**sat**	**Koef**	**Prod**	**Max Manpower**	**Jumlah Pekerja**	**Total Produktivitas**	**Durasi**	**Harga Satuan (Rp)**	**Jumlah Harga (Rp)**	
1	**Tenaga Kerja**					1	333,3333333	1			
2	**Volume**	m^2	172,32								
A	**Upah**										
	Mandor	OH	0,006	166,6667	1	1	166,6666667	1	Rp 147.000	Rp	147.000
	Pekerja	OH	0,06	16,66667	10	10	166,6666667	1	Rp 104.999	Rp	1.049.990
								JUMLAH UPAH PEKERJA		**Rp**	**1.196.990**
B	**Bahan/Material**										
								JUMLAH TENAGA BAHAN		**Rp**	-
C.	**Peralatan**										
								JUMLAH TENAGA ALAT		**Rp**	-
D.	**Jumlah (A+B+C)**									**Rp**	**1.196.990**
E.	**Overhead + Profit**	**10 %**								**Rp**	**119.699**
F.	**Harga Pekerjaan (D+E)**									**Rp**	**1.316.689**

Tabel 4.60 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) pekerjaan pembongkaran bekisting *wing wall box* STA 32+055. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.3 Produktivitas Pada Pekerjaan Jembatan

4.6.3.1 Pekerjaan Pengeboran *Borepile* Jembatan

Metode *borepile* banyak dipilih karena mampu menjangkau kedalaman yang besar, minim getaran sehingga aman untuk lingkungan sekitar, dan fleksibel untuk berbagai kondisi tanah. Produktivitas pengeboran *borepile* dapat dihitung berdasarkan jumlah lubang bor yang berhasil diselesaikan dalam periode waktu tertentu. Alat yang digunakan *Borepile Machine,Excavator,Dump Truck* dan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar PERMENPUPR NO. 1 Tahun 2022.

a. Borepile Machine

- Kedalaman Pemboran (p) $=19$ (m)
- Diameter Tiang (Ø) $= 0{,}8$ (m)
- Kapasitas Alat (v) $= 7$ (m/Jam)
- Faktor Efisiensi Alat (Fa) $= 0{,}83$
- Waktu Penggeseran dan Penyetelan Titik (T1) $= 11$ (menit)
- Persiapan Alat (T2) $= 10$ (menit)
- Check Ketegakan Alat (T3) $= 5$ (menit)
- Waktu Tunggu Pemancangan Casing (T4) $= 10$ (menit)
- Waktu Pengeboran (T5) $= 15$ (menit)
- Pembersihan lubang / Cleaning (T6) $= 22$ (menit)
- Waktu Tunggu Pemasangan Tulangan (T7) $= 4$ (menit)
- Waktu Tunggu Pengecoran (T8) $= 8$ (menit)
- Waktu Tunggu Tarik Casing (T9) $= 5$ (menit)
- Waktu Siklus ($T1 + T2 + T4 + T5 + T6 + T7 + T8 + T9$) (Ts) $= 11 + 10 + 5 + 10 + 15 + 22 + 4 + 8 + 5$
  $= 90$ (menit)
- Kapasitas Produktivitas $\left(\frac{v \times Fa \times 60}{Ts}\right)$ (Q1) $= \frac{7 \times 0{,}83 \times 60}{90}$
  $= 3{,}87$ (m/Jam)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q1}\right)$ $= 0{,}2586$ (Jam)

b. *Excavator*

- Kapasitas bucket (V) $=0{,}93$ m^3
- Faktor Bucket (Fb) $=1$
- Faktor efesiensi alat (Fa) $=0{,}83$
- Faktor Konversi (Fv) $=1{,}1$
- Menggali, Swing memuat (T1) $=1$ (menit)
- Waktu Tunggu (T2) $=5$ (menit)
- Lain – lain (T3) $=1$ (menit)
- Waktu Siklus ($T1 + T2 + T3$) (TS1) $= 1 + 5 + 1$
  $= 7$ (menit)

- Kapasitas Produktivitas $\left(\frac{\text{V×Fb×Fa×60}}{\text{Ts×Fk×Fv}}\right)$ (Q2) $= \frac{0,93×1×0,83×60}{7× 1,25×1,1}$
  $= 5,293$
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q2}\right)$ $= 0,1889$ (Jam)

c. *Dump Truck*

- Kapasitas bak (V) $=25$ (Ton)
- Faktor Efesiensi Alat (Fa) $=0,83$
- Kecepatan rata – rata bermuatan (v1) $=20$ (Km/Jam)
- Kecepatan rata – rata kosong (v2) $=40$ (Km/Jam)
- Waktu muat $\left(\frac{V×60}{D×Fk×Q1}\right)$ (T1) $= \frac{25×60}{1,6 ×1,25×5,293}$
  $= 20,242$ (menit)
- Waktu Tempuh Isi $\left(\frac{L}{v1} × 60\right)$ (T2) $= \frac{3}{20} × 60$
  $= 9$ (menit)
- Waktu Tempuh Kosong $\left(\frac{L}{v2} × 60\right)$ (T3) $= \frac{3}{40} × 60$
  $= 4,5$ (menit)
- Lain – lain (T4) $= 1$ (menit)
- Waktu Siklus $(T1 + T2 + T3 + T4)$ (TS2) $= 20,242 + 9 + 4,5 + 1$
  $= 36,4060$ (menit)
- Kapasitas Produktivitas $\left(\frac{V×Fa×60}{D×Fk×Ts}\right)$ (Q2) $= \frac{25×0,83×60}{1,78× 1,2751× 22,242}$
  $= 17,918$ (m^3/Jam)
- Koefisien Alat $\left({}^{1}/_{Q2}\right)$ $= 0,0558$ (Jam)

A. Durasi Pekerjaan Pengeboran Pondasi *Borepile* Jembatan STA 43+425

- Produktivitas Borepile Machine/hari $= Q1 × \text{Jumlah Alat} × Tk$ $= 3,86654 × 1 × 7$
  $= 27,0658$ (m/hari)
- Produktivitas *Excavator*/hari $= Q2 × \text{Jumlah Alat} × Tk$ $= 5,29302 × 1 × 7$
  $= 37,0512$ (m^3/hari)
- Produktivitas *Dump Truck*/hari $= Q2 × \text{Jumlah Alat} × Tk$ $= 17,9176 × 1 × 7$
  $= 125,423$ (m^3/hari)
- Durasi Pekerjaan Pembesian $= \frac{Volume}{Produktivitas}$ $= \frac{1292}{27,0658}$
  $= 48$ (Hari)

Pekerjaan pengeboran pondasi *borepile* pada STA 43+425 dilakukan dengan menggunakan borepile machine, *Excavator*, dan *Dump Truck*. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian tertinggi berasal dari *Dump Truck* sebesar 125,423 m³/hari, sedangkan produktivitas terendah adalah borepile machine sebesar 27,0658 m/hari yang digunakan sebagai acuan perhitungan durasi. Dengan total volume pembesian sebesar 1.292 m, diperoleh durasi pekerjaan selama 48 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan pengeboran *borepile* dapat diselesaikan dalam waktu yang sesuai kapasitas alat yang tersedia.

B. Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) Pekerjaan Pengeboran *Borepile*

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan pengeboran borepile pada STA 43+425 melibatkan 6 orang tenaga kerja serta 3 jenis alat berat, yaitu 1 unit borepile machine, 1 unit *Excavator*, dan 1 unit *Dump Truck*. Dengan volume pekerjaan sebesar 1.292 m³ dan durasi pelaksanaan selama 48 hari, total biaya pekerjaan yang dihitung mencapai Rp1.103.678.064. Biaya terbesar berasal dari penggunaan alat berat, menunjukkan bahwa pekerjaan ini sangat bergantung pada peralatan dibandingkan tenaga kerja manual.

Tabel 4. 61 RAP Pekerjaan Pengeboran *Borepile*

PEKERJAAN JEMBATAN 43+425											
Pekerjaan Pondasi Boredpile					Pengeboran Titik Borepile dan Pasang Casing				A1		
No.	**Uraian**	**sat**	**Koef**	**Prod**	**Max Manpower**	**Jumlah Pekerja**	**Total Produktivitas**	**Durasi**	**Harga Satuan (Rp)**		**Jumlah Harga (Rp)**	
1	**Tenaga Kerja**					6	27,06584939	48				
2	**Volume**	m'	1292,00									
A	**Upah**											
	Mandor	OH	0,0088	113,63636	1	1	113,6363636	48	Rp	147.000	Rp	7.056.000
	Tukang	OH	0,0175	57,142857	2	2	114,2857143	48	Rp	127.498	Rp	12.239.808
	Pekerja	OH	0,0875	11,428571	10	3	34,28571429	48	Rp	104.999	Rp	15.119.856
								JUMLAH UPAH PEKERJA			**Rp**	**34.415.664**
B	**Bahan/Material**											
	Casing Borepile D80	Buah	6							376.800,00	Rp	2.260.800
								JUMLAH TENAGA BAHAN			**Rp**	**2.260.800**
C.	**Peralatan**											
	BOREPILE MACHINE	Jam	0,258628499	3,8665499		1	27,06584939		Rp	1.393.000	Rp	468.048.000
	EXCAVATOR	Jam	0,188927754	5,2930286		1	37,0512		Rp	745.800	Rp	250.588.800
	DUMP TRUCK	Jam	0,055810858	17,91766		1	125,4236218		Rp	1.036.800	Rp	348.364.800
								JUMLAH TENAGA ALAT			**Rp**	**1.067.001.600**
D.	**Jumlah (A+B+C)**										**Rp**	**1.103.678.064**
E.	**Overhead + Profit**		**10 %**								**Rp**	**110.367.806**
F.	**Harga Pekerjaan (D+E)**										**Rp**	**1.214.045.870**

Tabel 4.61 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) pekerjaan pengeboran *borepile* STA 43+425. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.3.2 Pekerjaan Pembesian *Borepile* Jembatan

Pemasangan besi *borepile* merupakan tahap lanjutan setelah pengeboran lubang selesai, yaitu proses menurunkan rangka tulangan (*reinforcement cage*) ke dalam lubang *borepile*. Produktivitas pemasangan besi *borepile* dihitung berdasarkan jumlah rangka besi yang berhasil

dipasang dalam periode waktu tertentu. Alat yang digunakan *Bar Cutter, Bar Bender* dan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar PERMENPUPR NO. 1 Tahun 2022.

a. *Bar Bender*

- Kapasitas Produksivitas (Q1) $=\frac{1}{0,04} \times 100$
  $=2500$ (Kg/Jam)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q1}\right)$ $= 0,0004$ (Hari)

b. *Bar Cutter*

- Kapasitas Produksivitas (Q2) $=\frac{1}{0,04} \times 100$
  $=2500$ (Kg/Jam)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q2}\right)$ $= 0,0004$ (Hari)

c. *Crane Service* 80 Ton

- Segment $=12$ (m)
- Kapasitas produksi $= 12,000$ (m) (segment)
- Faktor Efesiensi Alat $= 0,83$
- Waktu Tunggu Pengeboran $= 99,699$ (menit)
- Waktu Kait Tulangan $= 1$ (menit)
- Waktu Angkat $= 5$ (menit)
- Waktu Siklus $(T1 + T2 + T3)$ $= (99,699 + 1 + 5)$
  $= 105,699$ (menit)
- Kapasitas Produksivitas $\left(\frac{V \times Fa \times 60}{Ts}\right)$ $= \frac{12 \times 0,83 \times 60}{105,699}$
  $= 0,508$ (Ton/Jam)
  $= 5,109$ (m/Jam)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q3}\right)$ $= \frac{1}{5,109}$
  $= 0,1957$ Jam

A. Durasi Pekerjaan Pembesian *Borepile* Jembatan STA 43+425

- Produktivitas *Bar Bender*/hari $= \text{Q1} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 2500 \times 1 \times 7$
  $= 17500$ (kg/hari)
- Produktivitas *Bar Cutter*/hari $= \text{Q2} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 2500 \times 1 \times 7$

$= 17500$ (kg/hari)

- Durasi Pekerjaan Pembesian $= \frac{Volume}{Produktivitas}$ $= \frac{128562,84}{17500}$
$= 8$ (Hari)

Pekerjaan pembesian *borepile* pada STA 43+425 dilakukan dengan menggunakan *Bar Bender* dan *Bar Cutter*. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian dari kedua alat adalah sama, yaitu sebesar 17.500 kg/hari. Dengan total volume pembesian sebesar 128.562,84 kg, diperoleh durasi pekerjaan selama 8 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan pembesian dapat diselesaikan dalam waktu yang efisien sesuai kapasitas alat yang tersedia.

B. Durasi Pekerjaan Pemasangan Pembesian *Borepile* Jembatan STA 43+425

- Produktivitas *Crane Service* 80 Ton /hari $= \text{Q3} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 5,108 \times 1 \times 7$
$= 35,761$ (m/hari)
- Durasi Pekerjaan Pembesian $= \frac{Volume}{Produktivitas}$ $= \frac{128562,84}{17500}$
$= 45$ (Hari)

Pekerjaan pemasangan pembesian *borepile* pada STA 43+425 dilakukan dengan menggunakan *Crane Service* 80 ton. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian crane mencapai 35,761 m/hari. Dengan total volume pembesian sebesar 128.562,84 kg dan produktivitas harian pembesian sebesar 17.500 kg/hari, diperoleh durasi pekerjaan selama 45 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan pemasangan pembesian membutuhkan waktu yang lebih panjang, bergantung pada kapasitas pengangkatan dan penanganan material oleh alat yang tersedia.

C. Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) Pekerjaan Pembesian A1 *Borepile*

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan pembesian borepile pada STA 43+425 melibatkan 6 orang tenaga kerja serta 2 jenis alat, yaitu 1 unit *Bar Cutter* dan 1 unit *Bar Bender*. Dengan volume pekerjaan sebesar 128.562,84 kg dan durasi pelaksanaan selama 8 hari, total biaya pekerjaan yang dihitung mencapai Rp1.445.625.410. Biaya terbesar berasal dari penggunaan material, menunjukkan bahwa pekerjaan ini sangat bergantung pada kebutuhan bahan baku dibandingkan tenaga kerja manual maupun alat berat.

Tabel 4. 62 RAP Pekerjaan Pembesian *Borepile*

PEKERJAAN JEMBATAN 43+425											
Pekerjaan Pondasi Boredpile Pembesian A1											
No.	Uraian	sat	Koef	Prod	Max Manpower	Jumlah Pekerja	Total Produktivitas	Durasi	Harga Satuan (Rp)		Jumlah Harga (Rp)
1	Tenaga Kerja					6	17500	8			
2	Volume	m^3	128562,84								
A	Upah										
	Mandor	OH	0,00016	6250	1	1	6250	8	Rp	147.000	Rp 1.176.000
	Tukang Besi	OH	0,0008	1250	5	5	6250	8	Rp	127.498	Rp 5.099.920
	Pekerja	OH	0,0016	625	10	10	6250	8	Rp	104.999	Rp 8.399.920
								JUMLAH UPAH PEKERJA			Rp 14.675.840
B	Bahan/Material										
	Kawat Pengikat		0,015							24.350,00	Rp 46.957.577
	Besi Ulir/Besi Polos		1,05							10.560,00	Rp 1.425.504.770
								JUMLAH TENAGA BAHAN			Rp 1.425.504.770
C.	Peralatan										
	Bar Cutter	Jam	0,0004	2500		1	17500		Rp	137.900	Rp 7.722.400
	Bar Bender	Jam	0,0004	2500		1	17500		Rp	137.900	Rp 7.722.400
								JUMLAH TENAGA ALAT			Rp 15.444.800
D.	Jumlah (A+B+C)										Rp 1.455.625.410
E.	Overhead + Profit	10 %									Rp 145.562.541
F.	Harga Pekerjaan (D+E)										Rp 1.601.187.951

Tabel 4.62 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) pekerjaan pembesian A1 *borepile* STA 43+425. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

D. Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) Pekerjaan Pemasangan Pembesian A1 *Borepile*

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan pemasangan pembesian borepile pada STA 43+425 melibatkan 6 orang tenaga kerja serta 1 unit alat berat, yaitu *Crane Service* 80 ton. Dengan volume pekerjaan sebesar 128.562,84 m³ dan durasi pelaksanaan selama 45 hari, total biaya pekerjaan yang dihitung mencapai Rp437.588.100. Biaya terbesar berasal dari penggunaan alat berat, menunjukkan bahwa pekerjaan ini sangat bergantung pada peralatan dibandingkan tenaga kerja manual.

Tabel 4. 63 RAP Pekerjaan Pemasangan Pembesian *Borepile*

PEKERJAAN JEMBATAN 43+425											
Pekerjaan Pondasi Boredpile Pemasangan Pembesian A1											
No.	Uraian	sat	Koef	Prod	Max Manpower	Jumlah Pekerja	Total Produktivitas	Durasi	Harga Satuan (Rp)		Jumlah Harga (Rp)
1	Tenaga Kerja					6	35,76184379	45			
2	Volume	m'	128562,84								
A	Upah										
	Mandor	OH	0,00016	6250	1	1	6250	45	Rp	147.000	Rp 6.615.000
	Tukang Besi	OH	0,0008	1250	5	5	6250	45	Rp	127.498	Rp 28.687.050
	Pekerja	OH	0,0016	625	10	10	6250	45	Rp	104.999	Rp 47.249.550
								JUMLAH UPAH PEKERJA			Rp 82.551.600
B	Bahan/Material										
								JUMLAH TENAGA BAHAN			Rp -
C.	Peralatan										
	CRANE SERVICE 80 Ton	Jam	0,195739348	5,1088348		1	35,76184379		Rp	1.127.100	Rp 355.036.500
											Rp -
								JUMLAH TENAGA ALAT			Rp 355.036.500
D.	Jumlah (A+B+C)										Rp 437.588.100
E.	Overhead + Profit	10 %									Rp 43.758.810
F.	Harga Pekerjaan (D+E)										Rp 481.346.910

Tabel 4.63 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) pekerjaan pemasangan pembesian A1 *borepile* STA 43+425. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.3.3 Pekerjaan Pengecoran *Borepile* Jembatan

Menuangkan beton ke dalam lubang bor yang telah dipasangi tulangan besi. Tujuan dari pengecoran ini adalah membentuk tiang pondasi yang kokoh dan mampu menyalurkan beban struktur ke lapisan tanah keras di bawahnya. Pengecoran *borepile* dilakukan menggunakan metode tremie, yaitu dengan memasukkan pipa tremie ke dasar lubang, lalu beton dituangkan dari atas agar mengisi lubang secara vertikal dari bawah ke atas. Alat yang digunakan *Crane Service* dan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar PERMENPUPR NO. 1 Tahun 2022. Produktivitas pengecoran *borepile* dihitung berdasarkan volume beton yang dituangkan atau jumlah *borepile* yang dicor dalam waktu tertentu.

a. *Crane Service* 80 Ton (Handling Pipa Termie)

- Kapasitas produksi $= 7{,}5\ (m^3)$
- Faktor Efesiensi Alat $= 0{,}83$
- Waktu Pengecoran $= 10\ (menit)$
- Waktu Tunggu Pergantian Truck Mixer $= 5\ (menit)$
- Waktu Siklus $(T1 + T2 + T3)$ $= (10\ + 5)$
  $= 15\ (menit)$
- Kapasitas Produksivitas $\left(\frac{V \times Fa \times 60}{Ts}\right)$ $= \frac{7{,}5 \times 0{,}83 \times 60}{15}$
  $= 24{,}9\ (m^3/Jam)$
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q3}\right)$ $= \frac{1}{24{,}9}$
  $= 0{,}0402$ Jam

A. Durasi Pekerjaan Pengecoran Pondasi *Borepile* Jembatan STA 43+425

- Produktivitas *Crane Service* 80 Ton (Handling Pipa Termie) /hari $= Q1 \times \text{Jumlah Alat} \times Tk$ $= 24{,}9 \times 1 \times 7$
  $= 24{,}9\ (m^3/hari)$
- Durasi Pekerjaan Pengecoran $= \frac{Volume}{Produktivitas}$ $= \frac{649{,}10}{24{,}9}$
  $= 27$ (Hari)

Pekerjaan pengecoran pondasi *borepile* pada STA 43+425 dilakukan dengan menggunakan *Crane Service* 80 ton untuk menangani pipa termie. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian alat tersebut sebesar 24,9 m³/hari. Dengan total volume pekerjaan sebesar

649,10 m³, diperoleh durasi pekerjaan selama 27 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan pengecoran dapat diselesaikan dalam waktu yang efisien sesuai kapasitas alat yang tersedia.

B. Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) Pekerjaan Pengecoran *Borepile*

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan pengecoran borepile pada STA 43+425 melibatkan 3 orang tenaga kerja serta 2 jenis alat, yaitu 1 unit *Crane Service* 80 ton dan 1 unit pipa tremie. Dengan volume pekerjaan sebesar 649,10 m³ dan durasi pelaksanaan selama 27 hari, total biaya pekerjaan yang dihitung mencapai Rp884.743.662. Biaya terbesar berasal dari penggunaan material beton, menunjukkan bahwa pekerjaan ini sangat bergantung pada ketersediaan bahan baku dibandingkan tenaga kerja manual maupun alat berat.

Tabel 4. 64 RAP Pekerjaan Pengecoran *Borepile* Jembatan

PEKERJAAN JEMBATAN 43+425											
Pekerjaan Pondasi Boredpile Pengecoran A1											
No.	**Uraian**	**sat**	**Koef**	**Prod**	**Max Manpower**	**Jumlah Pekerja**	**Total Produktivitas**	**Durasi**	**Harga Satuan (Rp)**		**Jumlah Harga (Rp)**
1	**Tenaga Kerja**					3	24,9	27			
2	**Volume**	m^3	649,10								
A	**Upah**										
	Mandor	OH	0,04	25	1	1	25	27	Rp 147.000	Rp	3.969.000
	Pekerja	OH	0,4	2,5	10	2	5	27	Rp 104.999	Rp	5.669.946
								JUMLAH UPAH PEKERJA		**Rp**	**9.638.946**
B	**Bahan/Material**										
	Beton kelas B-2		1,02						1.000.000,00	Rp	662.082.816
								JUMLAH TENAGA BAHAN		**Rp**	**662.082.816**
C.	**Peralatan**										
	CRANE SERVICE 80 Ton	Jam	0,040160643	24,9		1	24,9		Rp 1.127.100	Rp	213.021.900
	Pipa Tremie	Jam	0,040160643	24,9		1	24,9		Rp -	Rp	-
								JUMLAH TENAGA ALAT		**Rp**	**213.021.900**
D.	**Jumlah (A+B+C)**									**Rp**	**884.743.662**
E.	**Overhead + Profit**	**10 %**								**Rp**	**88.474.366**
F.	**Harga Pekerjaan (D+E)**									**Rp**	**973.218.028**

Tabel 4.64 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) pekerjaan pengecoran *borepile* STA 43+425. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.3.4 Pekerjaan Pembobokan Borepile Jembatan

Pekerjaan pembobokan borepile merupakan tahap penting setelah pengecoran tiang, yang bertujuan untuk membuka tulangan sambungan dan membersihkan bagian kepala tiang dari beton mutu rendah. Untuk memastikan pekerjaan ini berjalan sesuai target waktu pelaksanaan, diperlukan perhitungan produktivitas pembobokan berdasarkan volume atau jumlah tiang yang dapat dibobok per satuan waktu. Alat yang digunakan *Jack Hammer* dan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar PERMENPUPR NO. 1 Tahun 2022. Berikut adalah data produktivitas pekerjaan pembobokan borepile di lapangan:

a. *Jack Hammer*

- Kapasitas Produksivitas (Q1) $= \frac{1}{0{,}05}$

- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q1}\right)$ $= 20$ (m^3/hari)

A. Durasi Pekerjaan Pembobokan *Borepile* Jembatan STA 43+425

- Produktivitas Jack Hammer/hari $= Q1 \times \text{Jumlah Alat} = 20 \times 1$
  $= 20$ (m^3/hari)
- Durasi Pekerjaan Pembobokan $= \frac{Volume}{Produktivitas} = \frac{51{,}21}{20}$
  $= 3$ (Hari)

Dengan jumlah alat yang digunakan sebanyak satu unit, maka total produktivitas harian adalah sebesar 20 m³/hari. Berdasarkan volume pembobokan yang direncanakan sebesar 51,21 m³, maka durasi pekerjaan adalah 3 hari.

B. Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) pekerjaan Pembobokan Borepile Jembatan

Pekerjaan pembobokan borepile menggunakan 1 unit jack hammer, melibatkan 1 orang mandor dan 3 orang pekerja. Biaya pekerjaan adalah sebesar Rp2.514.388.

Tabel 4. 65 RAP Pekerjaan Pembobokan Borepile

			PEKERJAAN JEMBATAN				43+425				
			Pembongkaran Beton			Borepile	A1			0	
No.	Uraian	sat	Koef	Prod	Max Manpower	Jumlah Pekerja	Total Produktivitas	Durasi	Harga Satuan (Rp)		Jumlah Harga (Rp)
1	Tenaga Kerja					4	15	4			
2	Volume	m^3	51,27								
A	Upah										
	Mandor	OH	0,02	50	1	1	50	4	Rp 147.000	Rp	588.000
	Pekerja	OH	0,2	5	10	3	15	4	Rp 104.999	Rp	1.259.988
								JUMLAH UPAH PEKERJA		Rp	1.847.988
B	Bahan/Material										
										Rp	-
								JUMLAH TENAGA BAHAN		Rp	-
C.	Peralatan										
	Jack Hammer 12Hp	Hari	0,05	20		1	20		Rp 23.800	Rp	666.400
								JUMLAH TENAGA ALAT		Rp	666.400
D.	Jumlah (A+B+C)									Rp	2.514.388
E.	Overhead + Profit	10 %								Rp	251.439
F.	Harga Pekerjaan (D+E)									Rp	2.765.827

Tabel 4.65 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) pekerjaan Pembobokan Borepile. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.3.5 Pekerjaan Bekisiting Lean concrete Pile Cap

Pekerjaan Pemasangan Bekisting *lean concrete pile cap* jembatan diukur berdasarkan waktu yang dibutuhkan untuk pemasangan bekisting pada struktur *pile cap*, yang berfungsi sebagai penopang beton pada pondasi tiang. Pengukuran ini bertujuan untuk mengevaluasi penggunaan tenaga kerja dan material selama proses pemasangan bekisting dalam satuan waktu

tertentu. Alat yang digunakan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar Cipta Karya dan Perumahan Lampiran IV.

Tabel 4. 66 Pekerja pada Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Lean concrete Pilecap*

No.	Uraian	sat	Koef	Prod	Max Manpower	Jumlah Pekerja	Total Produktivitas
1	**Tenaga Kerja**					2	13,63636364
	Mandor	OH	0,033	30,303	1	0	0
	Tukang Kayu	OH	0,33	3,0303	10	2	6,060606061
	Pekerja	OH	0,66	1,51515	20	5	7,575757576

A. Durasi Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Lean concrete* Jembatan STA 43+425

- Durasi Pekerjaan Pemasangan Bekisting $= \frac{Volume}{Produktivitas} = \frac{10{,}34}{13{,}636}$

$= 1$ (Hari)

Pekerjaan Pemasangan Bekisting *lean concrete* pada STA 43+425 dilakukan dengan menggunakan metode manual dengan produktivitas sebesar 13,636 m³/hari. Berdasarkan perhitungan, dengan volume pekerjaan sebesar 10,34 m³, diperoleh durasi pekerjaan selama 1 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa Pekerjaan Pemasangan Bekisting dapat diselesaikan dalam waktu yang efisien sesuai kapasitas produktivitas yang tersedia.

B. Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) pekerjaan *lean concrete* A1 Jembatan

Pekerjaan Pemasangan Bekisting dilakukan pada volume pekerjaan sebesar 10,34 m³, dengan melibatkan 2 tukang kayu dan 1 pekerja. Biaya pekerjaan sebelum ditambahkan overhead dan keuntungan adalah sebesar Rp815.740.

Tabel 4. 67 RAP Pekerjaan Pemasangan Bekisting Pada *Lean concrete* Jembatan

				PEKERJAAN JEMBATAN			43+425			
		Pekerjaan Lantai Kerja			Pemasangan Bekisting		A1			
No.	Uraian	sat	Koef	Prod	Max Manpower	Jumlah Pekerja	Total Produktivitas	Durasi	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	Tenaga Kerja					2	13,63636364	1		
2	Volume	m^3	10,34							
A	Upah									
	Mandor	OH	0,033	30,30303	1	0	0	1	Rp 147.000	Rp -
	Tukang Kayu	OH	0,33	3,030303	10	2	6,060606061	1	Rp 127.498	Rp 254.996
	Pekerja	OH	0,66	1,5151515	20	5	7,575757576	1	Rp 104.999	Rp 524.995
								JUMLAH UPAH PEKERJA		Rp 779.991
B	Bahan/Material									
	Plywood tebal 12 mm	lembar	0,127						82.500,00	Rp 108.379
	Paku	kg	0,4						21.000,00	Rp 86.890
	Balok Kayu Kelas 2	m3	0,00465						12.500,00	Rp 601
	Minyak	Ltr	0,15						23.040,00	Rp 35.749
								JUMLAH TENAGA BAHAN		Rp 35.749
C.	Peralatan									
								JUMLAH TENAGA ALAT		Rp -
D.	Jumlah (A+B+C)									Rp 815.740
E.	Overhead + Profit	10 %								Rp 81.574
F.	Harga Pekerjaan (D+E)									Rp 897.314

Tabel 4.67 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) Pekerjaan Pemasangan Bekisting Pada *Lean concrete* Jembatan. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.3.6 Pekerjaan Pengecoran *Lean concrete Pilecap* Jembatan

Lapisan beton kelas E dengan kadar semen rendah yang digunakan sebagai dasar atau lantai kerja sebelum pengecoran struktur *Pilecap* dilakukan. Produktivitas pekerjaan *lean concrete* pada *Pilecap* dihitung berdasarkan volume beton yang dapat dituang dalam waktu tertentu. Alat yang digunakan *Concrete Vibrator* dan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar PERMENPUPR NO. 1 Tahun 2022.

a. *Concrete Vibrator*

- Kapasitas Pemadatan (V) $= 3$ (m^3)
- Faktor Efisiensi Alat (Fa) $= 0{,}83$
- Kapasitas Produktivitas ($v \times Fa$) (Q1) $= 3 \times 0{,}83$
  $= 2{,}49$ (m^3/Jam)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q1}\right)$ $= 0{,}4016$ (Jam)

A. Durasi Pekerjaan Pengecoran *Lean concrete Pilecap* Jembatan STA 43+425

- Produktivitas *Concrete Vibrator*/hari $= Q1 \times \text{Jumlah Alat} \times Tk = 2{,}49 \times 1 \times 7$
  $= 17{,}43$ (m^3/hari)
- Durasi Pekerjaan Penghamparan $= \frac{Volume}{Produktivitas} = \frac{7{,}14}{2{,}49}$
  $= 2$ (Hari)

Pekerjaan pengecoran *lean concrete pilecap* pada STA 43+425 dilakukan dengan menggunakan *Concrete Vibrator*. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian alat tersebut sebesar 17,43 m³/hari. Dengan total volume pekerjaan sebesar 7,14 m³, diperoleh durasi pekerjaan selama 2 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan pengecoran dapat diselesaikan dalam waktu yang efisien sesuai kapasitas alat yang tersedia.

B. Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) pekerjaan *lean concrete* A1 Jembatan

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan pengecoran *lean concrete* pada STA 43+425 melibatkan 11 orang tenaga kerja serta 1 jenis alat, yaitu 1 unit *Concrete Vibrator*. Dengan volume pekerjaan sebesar 32,28 m³ dan durasi pelaksanaan selama 2 hari, total biaya pekerjaan yang dihitung mencapai Rp30.759.564. Biaya terbesar berasal dari penggunaan material beton,

menunjukkan bahwa pekerjaan ini sangat bergantung pada bahan baku dibandingkan tenaga kerja manual maupun alat berat.

Tabel 4. 68 RAP Pekerjaan Pengecoran *Lean concrete Pilecap*

PEKERJAAN JEMBATAN 43+425											
Pekerjaan Lantai Kerja					Pengecoran Lean Concrete			A1			
No.	Uraian	sat	Koef	Prod	Max Manpower	Jumlah Pekerja	Total Produktivitas	Durasi	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)	
1	**Tenaga Kerja**					11	17,43	2			
2	**Volume**	m^3	32,28								
A	**Upah**										
	Mandor	OH	0,04	25	1	1	25	2	Rp 147.000	Rp	294.000
	Pekerja	OH	0,4	2,5	10	10	25	2	Rp 104.999	Rp	2.099.980
									JUMLAH UPAH PEKERJA	**Rp**	**2.393.980**
B	**Bahan/Material**										
	Beton kelas E		1,03						760.000,00	Rp	25.268.784
									JUMLAH TENAGA BAHAN	**Rp**	**25.268.784**
C.	**Peralatan**										
	CONCRETE VIBRATOR	Jam	0,401606426	2,49		1	17,43		Rp 221.200	Rp	3.096.800
										Rp	-
									JUMLAH TENAGA ALAT	**Rp**	**3.096.800**
D.	**Jumlah (A+B+C)**									**Rp**	**30.759.564**
E.	**Overhead + Profit**		**10 %**							**Rp**	**3.075.956**
F.	**Harga Pekerjaan (D+E)**									**Rp**	**33.835.520**

Tabel 4.68 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) pekerjaan *lean concrete* A1 Jembatan STA 43+425. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.3.7 Pekerjaan Bongkar Bekisiting *Lean concrete Pile Cap*

Pekerjaan bongkar bekisting *lean concrete pile cap* jembatan diukur berdasarkan waktu yang dibutuhkan untuk melepaskan bekisting dari struktur *pile cap*, setelah beton mengeras dan mencapai kekuatan yang dibutuhkan. Pengukuran ini bertujuan untuk mengevaluasi penggunaan tenaga kerja selama proses pembongkaran bekisting dalam satuan waktu tertentu. Alat yang digunakan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar Cipta Karya dan Perumahan Lampiran IV.

No.	Uraian	sat	Koef	Prod	Max	Jumlah	Total
					Manpower	Pekerja	Produktivitas
1	**Tenaga Kerja**					1	16,6666
	Mandor	OH	0,006	166,66	1	0	0
	Pekerja	OH	0,06	16,666	10	1	16,6666

A. Durasi Pekerjaan Pembongkaran Bekisting Jembatan STA 42+425

a. Durasi Pekerjaan Pembongkaran Bekisting $= \frac{Volume}{Produktivitas}$ $= \frac{10,34}{16,666}$

$= 1$ (Hari)

Pekerjaan pembongkaran bekisting pada STA 42+425 dilakukan dengan metode manual. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian pekerjaan pembongkaran mencapai 16,666 m²/hari. Dengan total volume pekerjaan sebesar 10,34 m², diperoleh durasi pekerjaan selama 1 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan pembongkaran bekisting dapat diselesaikan dalam waktu yang efisien sesuai kapasitas tenaga kerja yang tersedia.

B. Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) pekerjaan bongkar bekisting *lean concrete* A1 Jembatan

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan pembongkaran bekisting *lean concrete* pada STA 43+425 melibatkan 1 orang tenaga kerja tanpa penggunaan alat berat maupun bahan tambahan. Dengan volume pekerjaan sebesar 10,34 m³ dan durasi pelaksanaan selama 1 hari, total biaya pekerjaan yang dihitung mencapai Rp104.999. Biaya terbesar berasal dari upah tenaga kerja, menunjukkan bahwa pekerjaan ini sepenuhnya bergantung pada pelaksanaan manual tanpa dukungan peralatan mekanis.

Tabel 4. 69 RAP Pekerjaan *Lean concrete* Jembatan

PEKERJAAN JEMBATAN 43+425										
Pekerjaan Lantai Kerja					Pembongkaran Bekisting A1					
No.	Uraian	sat	Koef	Prod	Max Manpower	Jumlah Pekerja	Total Produktivitas	Durasi	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	Tenaga Kerja					1	16,66666667	1		
2	Volume	m^3	10,34							
A	Upah									
	Mandor	OH	0,006	166,66667	1	0	0	1	Rp 147.000	Rp -
	Pekerja	OH	0,06	16,666667	10	1	16,66666667	1	Rp 104.999	Rp 104.999
								JUMLAH UPAH PEKERJA		Rp 104.999
B	Bahan/Material									
										Rp -
								JUMLAH TENAGA BAHAN		Rp -
C.	Peralatan									
										Rp -
										Rp -
								JUMLAH TENAGA ALAT		Rp -
D.	Jumlah (A+B+C)									Rp 104.999
E.	Overhead + Profit	10 %								Rp 10.500
F.	Harga Pekerjaan (D+E)									Rp 115.499

Tabel 4.69 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) pekerjaan bongkar bekisting *lean concrete* A1 Jembatan STA 43+425. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.3.8 Pekerjaan Pembesian *Pilecap* Jembatan

Pembesian *Pilecap* adalah proses pemasangan tulangan baja pada struktur *Pilecap* yang berfungsi sebagai pengikat antara tiang pondasi (*pile*). Produktivitas pembesian *Pilecap* dihitung berdasarkan berat tulangan yang berhasil dipasang dalam satuan waktu tertentu. Alat yang digunakan *Bar Cutter, Bar Bender* dan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar PERMENPUPR NO. 1 Tahun 2022.

a. *Bar Bender*

- Kapasitas Produksivitas (Q1) $=\frac{1}{0,04} \times 100$
  $=2500$ (Kg/Jam)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q1}\right)$ $= 0,0004$ (Hari)

b. *Bar Cutter*

- Kapasitas Produksivitas (Q2) $=\frac{1}{0,04} \times 100$
  $=2500$ (Kg/Jam)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q2}\right)$ $= 0,0004$ (Hari)

A. Durasi Pekerjaan Pembesian *Pilecap* Jembatan STA 43+425

- Produktivitas *Bar Bender*/hari $= \text{Q1} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 2500 \times 2 \times 7$
  $= 35000$ (kg/hari)
- Produktivitas *Bar Cutter*/hari $= \text{Q2} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 2500 \times 2 \times 7$
  $= 35000$ (kg/hari)
- Durasi Pekerjaan Pembesian $= \frac{Volume}{Produktivitas}$ $= \frac{79654,37}{35000}$
  $= 3$ (Hari)

Pekerjaan pembesian *pilecap* pada STA 43+425 dilakukan dengan menggunakan *Bar Bender* dan *Bar Cutter*. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian dari kedua alat tersebut sama, yaitu sebesar 35.000 kg/hari. Dengan total volume pembesian sebesar 79.654,37 kg, diperoleh durasi pekerjaan selama 3 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan pembesian dapat diselesaikan dalam waktu yang efisien sesuai kapasitas alat yang tersedia.

B. Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) Pekerjaan *Pilecap* Jembatan

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan pembesian pilecap pada STA 43+425 melibatkan 16 orang tenaga kerja serta 2 jenis alat, yaitu 1 unit *Bar Cutter* dan 1 unit *Bar Bender*. Dengan volume pekerjaan sebesar 79.654,37 kg dan durasi pelaksanaan selama 5 hari, total biaya pekerjaan yang dihitung mencapai Rp 922.852.813. Biaya terbesar berasal dari penggunaan material, menunjukkan bahwa pekerjaan ini sangat bergantung pada ketersediaan bahan baku dibandingkan tenaga kerja manual maupun alat berat.

Tabel 4. 70 RAP Pekerjaan Pembesian *Pilecap* Jembatan

PEKERJAAN JEMBATAN											
Pekerjaan Pile Cap					Pembesian Pilecap		A1				
No.	Uraian	sat	Koef	Prod	Max Manpower	Jumlah Pekerja	Total Produktivitas	Durasi	Harga Satuan (Rp)		Jumlah Harga (Rp)
1	Tenaga Kerja					16	17500	5			
2	Volume	kg	79654,37								
A	Upah										
	Mandor	OH	0,00016	6250	1	1	6250	5	Rp	147.000	Rp 735.000
	Tukang Besi	OH	0,0008	1250	5	5	6250	5	Rp	127.498	Rp 3.187.450
	Pekerja	OH	0,0016	625	10	10	6250	5	Rp	104.999	Rp 5.249.950
								JUMLAH UPAH PEKERJA			Rp 9.172.400
B	Bahan/Material										
	Besi Ulir/Besi Polos		1,05							10.560,00	Rp 883.207.655
	Kawat Pengikat		0,015							24.350,00	Rp 29.093.759
								JUMLAH TENAGA BAHAN			Rp 912.301.413
C.	Peralatan										
	Bar Cutter	Jam	0,0004	2500		1	17500		Rp	19.700	Rp 689.500
	Bar Bender	Jam	0,0004	2500		1	17500		Rp	19.700	Rp 689.500
								JUMLAH TENAGA ALAT			Rp 1.379.000
D.	Jumlah (A+B+C)										Rp 922.852.813
E.	Overhead + Profit	10 %									Rp 92.285.281
F.	Harga Pekerjaan (D+E)										Rp 1.015.138.095

Tabel 4.70 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) pekerjaan *Pilecap* Jembatan STA 43+425. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.3.9 Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Pilecap* Jembatan

Perkerjaan bekisting *Pilecap* jembatan diukur berdasarkan waktu yang dibutuhkan untuk pemasangan bekisting pada struktur *Pilecap*, yang berfungsi sebagai penopang beton pada pondasi tiang. Pengukuran ini bertujuan untuk mengevaluasi penggunaan tenaga kerja dan material selama proses pemasangan bekisting dalam satuan waktu tertentu. Alat yang digunakan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar Cipta Karya dan Perumahan Lampiran IV.

Tabel 4. 71 Pekerja pada Pekerjaan Bekisitng Pilecap

No.	Uraian	sat	Koef	Prod	Max Manpower	Jumlah Pekerja	Total Produktivitas
1	**Tenaga Kerja**					62	181,8181818
	Mandor	OH	0,033	30,30	1	2	60,60606061
	Tukang Kayu	OH	0,33	3,030	10	20	60,60606061
	Pekerja	OH	0,66	1,5151	20	40	60,60606061

A. Durasi Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Pilecap* Jembatan STA 43+425

- Durasi Pekerjaan Pemasangan Bekisting $= \frac{Volume}{Produktivitas} = \frac{221,31}{181,81}$

$= 2$ (Hari)

Pekerjaan Pemasangan Bekisting *pilecap* pada STA 43+425 dilakukan dengan metode manual. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian mencapai 181,81 m²/hari. Dengan total volume pekerjaan sebesar 221,31 m², diperoleh durasi pekerjaan selama 2 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa Pekerjaan Pemasangan Bekisting dapat diselesaikan dalam waktu yang efisien sesuai kapasitas tenaga kerja yang tersedia.

B. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Abutment* Jembatan

Rencana anggaran pelaksanaan Pekerjaan Pemasangan Bekisting pada *Abutment* Jembatan STA 43+425 mencakup keterlibatan sebanyak 81 orang tenaga kerja dengan durasi pelaksanaan selama 6 hari. Volume pekerjaan yang dikerjakan mencapai 1.119,04 m³. Berdasarkan hasil perhitungan, total biaya dari komponen utama yang meliputi tenaga kerja, bahan/material, dan peralatan adalah sebesar Rp 51.530.686. Biaya terbesar berasal dari upah pekerja dan pembelian material seperti plywood tebal 12 mm, paku, balok kayu kelas 2, serta minyak. Hal ini menunjukkan bahwa pelaksanaan Pekerjaan Pemasangan Bekisting sangat dipengaruhi oleh kebutuhan tenaga kerja dalam jumlah besar dan material konstruksi yang digunakan dalam proses pekerjaan.

Tabel 4. 72 RAP Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Abutment* Jembatan

					PEKERJAAN JEMBATAN		43+425				
		Pekerjaan Abutment			Pemasangan Bekisting		A1				
No.	Uraian	sat	Koef	Prod	Max Manpower	Jumlah Pekerja	Total Produktivitas	Durasi	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)	
1	**Tenaga Kerja**					81	196,969697	6			
2	**Volume**	m^3	1119,04								
A	**Upah**										
	Mandor	OH	0,033	30,30303	1	1	30,3030303	6	Rp 147.000	Rp	882.000
	Tukang Kayu	OH	0,33	3,030303	10	30	90,90909091	6	Rp 127.498	Rp	22.949.640
	Pekerja	OH	0,66	1,5151515	20	50	75,75757576	6	Rp 104.999	Rp	23.831.640
								JUMLAH UPAH PEKERJA		**Rp**	**47.663.280**
B	**Bahan/Material**										
	Plywood tebal 12 mm	lembar	0,127						82.500,00	Rp	11.724.752
	Paku	kg	0,4						21.000,00	Rp	9.399.944
	Balok Kayu Kelas 2	m3	0,00465						12.500,00	Rp	65.044
	Minyak	Ltr	0,15						23.040,00	Rp	3.867.406
								JUMLAH TENAGA BAHAN		**Rp**	**3.867.406**
C.	**Peralatan**										
										Rp	-
										Rp	-
								JUMLAH TENAGA ALAT		**Rp**	**-**
D.	**Jumlah (A+B+C)**									**Rp**	**51.530.686**
E.	**Overhead + Profit**	**10**	**%**							**Rp**	**5.153.069**
F.	**Harga Pekerjaan (D+E)**									**Rp**	**56.683.754**

Tabel 4.72 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Abutment* Jembatan. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.3.10 Pekerjaan Pengecoran *Pilecap* Jembatan

Pekerjaan pengecoran *Pilecap* jembatan diukur berdasarkan volume beton yang berhasil dicor dalam satuan waktu tertentu. Evaluasi ini mencakup efisiensi penggunaan material, tenaga

kerja, serta peralatan yang terlibat dalam proses pengcoran, dengan tujuan untuk meningkatkan efektivitas pelaksanaan pekerjaan pada proyek jembatan. Alat yang digunakan *Concrete Pump,Concrete Vibrator* dan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar PERMENPUPR NO. 1 Tahun 2022.

a. *Concrete Pump*

- Kapasitas Alat (V) $= 80$ (m^3)
- Faktor Efisiensi Alat (Fa) $= 0{,}83$
- Setting Boom T1 $= 10$ (menit)
- Memompa T2 $= 40$ (menit)
- Mengatur Boom saat Pengecoran T3 $= 5$ (menit)
- Menunggu (Pergantian Truck Mixer) T4 $= 5$ (menit)
- Waktu Siklus (T1 + T2 + T3 + T4) Ts $= 10 + 40 + 5 + 5$
  $= 60$ (menit)
- Kapasitas Produktivitas $\left(\frac{\text{v}\times\text{Fa}\times 60}{Ts}\right)$ (Q1) $= \frac{80\times 0{,}83\times 60}{60}$
  $= 66{,}4000$ (m^3/Jam)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q1}\right)$ $= 0{,}0151$ (Jam)

b. *Concrete Vibrator*

- Kapasitas Pemadatan (V) $=3$ (m^3)
- Faktor Efisiensi Alat (Fa) $= 0{,}83$
- Kapasitas Produktivitas v × Fa (Q2) $= 3 \times 0{,}83$
  $= 2{,}49$ (m^3/Jam)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q2}\right)$ $= 0{,}4016$ (Jam)

A. Durasi Pekerjaan Pengecoran *Pilecap* Jembatan STA 42+425

- Produktivitas *Concrete Pump* /hari $= \text{Q1} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 66{,}4 \times 1 \times 7$
  $= 464{,}8$ (m^3/hari)
- Produktivitas *Concrete Vibrator*/hari $= \text{Q2} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 2{,}49 \times 5 \times 7$
  $= 87{,}15$ (m^3/hari)
- Durasi Pekerjaan Pembesian $= \frac{Volume}{Produktivitas}$ $= \frac{635{,}78}{464{,}8}$
  $= 1$ (Hari)

Pekerjaan pengecoran *pilecap* pada STA 42+425 dilakukan dengan menggunakan *Concrete Pump* dan *Concrete Vibrator*. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian tertinggi berasal dari *Concrete Pump* sebesar 464,8 m³/hari, sedangkan produktivitas *Concrete Vibrator* sebesar 87,15 m³/hari. Karena *Concrete Pump* memiliki produktivitas terendah yang digunakan sebagai acuan perhitungan durasi, maka dengan total volume pengecoran sebesar 635,78 m³, diperoleh durasi pekerjaan selama 1 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan pengecoran dapat diselesaikan dalam waktu yang sesuai kapasitas alat yang tersedia.

B. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Pengecoran *Pilecap* Jembatan

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan pengecoran *pilecap* pada STA 43+425 melibatkan 14 orang tenaga kerja serta 2 jenis alat, yaitu 1 unit *Concrete Pump* dan 1 unit *Concrete Vibrator*. Dengan volume pekerjaan sebesar 635,78 m³ dan durasi pelaksanaan selama 2 hari, total biaya pekerjaan yang dihitung mencapai Rp 652.968.232. Biaya terbesar berasal dari penggunaan alat berat, menunjukkan bahwa pekerjaan ini sangat bergantung pada peralatan dibandingkan tenaga kerja manual.

Tabel 4. 73 RAP Pekerjaan Pengecoran Pilecap Jembatan

PEKERJAAN JEMBATAN 43+425											
Pekerjaan Pile Cap					Pengecoran Pilecap A1						
No.	**Uraian**	**sat**	**Koef**	**Prod**	**Max Manpower**	**Jumlah Pekerja**	**Total Produktivitas**	**Durasi**	**Harga Satuan (Rp)**		**Jumlah Harga (Rp)**
1	**Tenaga Kerja**					14	464,8	2			
2	**Volume**	m^3	635,78								
A	**Upah**										
	Mandor	OH	0,04	25	1	1	25	2	Rp 147.000	Rp	294.000
	Tukang	OH	0,1	10	3	3	30	2	Rp 127.498	Rp	764.988
	Pekerja	OH	0,4	2,5	10	10	25	2	Rp 104.999	Rp	2.099.980
								JUMLAH UPAH PEKERJA		**Rp**	**3.158.968**
B	**Bahan/Material**										
	Beton readymix kelas B		1,02						940.000,00	Rp	609.585.864
								JUMLAH TENAGA BAHAN		**Rp**	**609.585.864**
C.	**Peralatan**										
	CONCRETE PUMP	Jam	0,015060241	66,4		1	464,8		Rp 1.767.100	Rp	24.739.400
	CONCRETE VIBRATOR	Jam	0,401606426	2,49		5	87,15		Rp 221.200	Rp	15.484.000
								JUMLAH TENAGA ALAT		**Rp**	**40.223.400**
D.	**Jumlah (A+B+C)**									**Rp**	**652.968.232**
E.	**Overhead + Profit**		**10 %**							**Rp**	**65.296.823**
F.	**Harga Pekerjaan (D+E)**									**Rp**	**718.265.055**

Tabel 4.73 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) Pekerjaan Pengecoran Pilecap Jembatan. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.3.11 Pekerjaan Bongkar Bekisting *Pilecap* Jembatan

Pekerjaan bongkar bekisting *Pilecap* jembatan dihitung berdasarkan waktu yang diperlukan untuk melepas bekisting setelah proses pengcoran selesai. Evaluasi ini mencakup tenaga kerja dan peralatan dalam proses pembongkaran, serta pengaruhnya terhadap kelancaran jadwal proyek jembatan. Alat yang digunakan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar Cipta Karya dan Perumahan Lampiran IV.

Tabel 4. 74 Pekerja pada Pekerjaan Bongkar Bekisting Pilecap Jembatan

No.	Uraian	sat	Koef	Prod	Max Manpower	Jumlah Pekerja	Total Produktivitas
1	**Tenaga Kerja**					6	250
	Mandor	OH	0,006	166,66	1	1	166,6666667
	Pekerja	OH	0,06	16,666	10	5	83,33333333

A. Durasi Pekerjaan Pembongkaran Bekisting *Pilecap* Jembatan STA 42+425

- Durasi Pekerjaan Pembongkaran Bekisting $= \frac{Volume}{Produktivitas} = \frac{221{,}31}{250}$

$= 1$ (Hari)

Pekerjaan pembongkaran bekisting *pilecap* pada STA 42+425 dilakukan secara manual tanpa bantuan alat berat. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian mencapai 250 m²/hari. Dengan total volume pekerjaan sebesar 221,31 m², diperoleh durasi pekerjaan selama 1 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan pembongkaran bekisting dapat diselesaikan dalam waktu yang efisien sesuai kapasitas tenaga kerja yang tersedia.

B. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Pembongkaran Bekisting *Pilecap* Jembatan

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan pembongkaran bekisting pilecap pada STA 43+425 melibatkan 6 orang tenaga kerja tanpa penggunaan alat berat maupun material tambahan. Dengan volume pekerjaan sebesar 221,31 m³ dan durasi pelaksanaan selama 1 hari, total biaya pekerjaan yang dihitung mencapai Rp671.995. Biaya terbesar berasal dari upah tenaga kerja, menunjukkan bahwa pekerjaan ini sepenuhnya bergantung pada pelaksanaan manual tanpa dukungan peralatan berat.

Tabel 4. 75 RAP Pekerjaan Pembongkaran Bekisting *Pilecap* Jembatan

PEKERJAAN JEMBATAN 43+425										
Pekerjaan Pile Cap Pembongkaran Bekisting A1										
No.	**Uraian**	**sat**	**Koef**	**Prod**	**Max Manpower**	**Jumlah Pekerja**	**Total Produktivitas**	**Durasi**	**Harga Satuan (Rp)**	**Jumlah Harga (Rp)**
1	**Tenaga Kerja**					6	250	1		
2	**Volume**	m^3	221,31							
A	**Upah**									
	Mandor	OH	0,006	166,66667	1	1	166,6666667	1	Rp 147.000	Rp 147.000
	Pekerja	OH	0,06	16,666667	10	5	83,33333333	1	Rp 104.999	Rp 524.995
								JUMLAH UPAH PEKERJA		**Rp 671.995**
B	**Bahan/Material**									
										Rp -
								JUMLAH TENAGA BAHAN		**Rp -**
C.	**Peralatan**									
										Rp -
										Rp -
								JUMLAH TENAGA ALAT		**Rp -**
D.	**Jumlah (A+B+C)**									**Rp 671.995**
E.	**Overhead + Profit** 10 %									**Rp 67.200**
F.	**Harga Pekerjaan (D+E)**									**Rp 739.195**

Tabel 4.75 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) Pekerjaan Pembongkaran Bekisting *Pilecap* Jembatan. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.3.12 Pekerjaan Pembesian *Abutment* Jembatan

Pekerjaan pembesian *abutment* jembatan diukur berdasarkan jumlah dan berat tulangan baja yang berhasil dipasang dalam satuan waktu tertentu. Evaluasi ini mencakup penggunaan tenaga kerja, material, serta metode yang digunakan dalam pemasangan tulangan pada struktur *abutment* jembatan. Alat yang digunakan *Bar Cutter, Bar Bender* dan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar PERMENPUPR NO. 1 Tahun 2022.

a. *Bar Bender*

- Kapasitas Produksivitas (Q1) $=\frac{1}{0{,}04} \times 100$
  $=2500$ (Kg/Jam)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q1}\right)$ $= 0{,}0004$ (Hari)

b. *Bar Cutter*

- Kapasitas Produksivitas (Q2) $=\frac{1}{0{,}04} \times 100$
  $=2500$ (Kg/Jam)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q2}\right)$ $= 0{,}0004$ (Hari)

A. Durasi Pekerjaan Pembesian *Abutment* Jembatan STA 43+425

- Produktivitas *Bar Bender*/hari $= \text{Q1} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 2500 \times 1 \times 7$
  $= 17500$ (kg/hari)
- Produktivitas *Bar Cutter*/hari $= \text{Q2} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 2500 \times 1 \times 7$
  $= 17500$ (kg/hari)
- Durasi Pekerjaan Pembesian $= \frac{Volume}{Produktivitas}$ $= \frac{68681{,}14}{17500}$
  $= 4$ (Hari)

Pekerjaan pembesian *abutment* pada STA 43+425 dilakukan dengan menggunakan *Bar Bender* dan *Bar Cutter*. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian dari kedua alat tersebut masing-masing sebesar 17.500 kg/hari. Dengan total volume pekerjaan sebesar 68.681,14 kg, diperoleh durasi pekerjaan selama 4 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan pembesian dapat diselesaikan dalam waktu yang efisien sesuai kapasitas alat yang tersedia.

B. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Pembesian *Abutment* Jembatan

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan pembesian *abutment* pada STA 43+425 melibatkan 16 orang tenaga kerja serta 2 jenis alat, yaitu 1 unit *Bar Cutter* dan 1 unit *Bar Bender*. Dengan volume pekerjaan sebesar 68.681,14 kg dan durasi pelaksanaan selama 4 hari, total biaya pekerjaan yang dihitung mencapai Rp795.063.387. Biaya terbesar berasal dari penggunaan material, menunjukkan bahwa pekerjaan ini sangat bergantung pada penggunaan bahan baku dibandingkan tenaga kerja manual maupun peralatan.

Tabel 4. 76 RAP Pekerjaan Pembesian Abutment Jembatan

PEKERJAAN JEMBATAN										
Pekerjaan Abutment Pembesian Abutment A1										
No.	**Uraian**	**sat**	**Koef**	**Prod**	**Max Manpower**	**Jumlah Pekerja**	**Total Produktivitas**	**Durasi**	**Harga Satuan (Rp)**	**Jumlah Harga (Rp)**
1	**Tenaga Kerja**					16	17500	4		
2	**Volume**	kg	68681,14							
A	**Upah**									
	Mandor	OH	0,00016	6250	1	1	6250	4	Rp 147.000	Rp 588.000
	Tukang Besi	OH	0,0008	1250	5	5	6250	4	Rp 127.498	Rp 2.549.960
	Pekerja	OH	0,0016	625	10	10	6250	4	Rp 104.999	Rp 4.199.960
								JUMLAH UPAH PEKERJA		**Rp 7.337.920**
B	**Bahan/Material**									
	Besi Ulir/Besi Polos		1,05						10.560,00	Rp 761.536.480
	Kawat Pengikat		0,015						24.350,00	Rp 25.085.786
								JUMLAH TENAGA BAHAN		**Rp 786.622.267**
C.	**Peralatan**									
	Bar Cutter	Jam	0,0004	2500		1	17500		Rp 19.700	Rp 551.600
	Bar Bender	Jam	0,0004	2500		1	17500		Rp 19.700	Rp 551.600
								JUMLAH TENAGA ALAT		**Rp 1.103.200**
D.	**Jumlah (A+B+C)**									**Rp 795.063.387**
E.	**Overhead + Profit**	**10 %**								**Rp 79.506.339**
F.	**Harga Pekerjaan (D+E)**									**Rp 874.569.725**

Tabel 4.76 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) Pekerjaan Pembesian Abutment Jembatan. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.3.13 Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Abutment* Jembatan

Pekerjaan Pemasangan Bekisting *abutment* jembatan dihitung berdasarkan waktu yang dibutuhkan untuk pemasangan bekisting pada struktur *abutment*. Evaluasi ini mencakup penggunaan tenaga kerja, material, serta peralatan yang terlibat dalam proses pemasangan bekisting untuk mendukung pelaksanaan proyek jembatan. Alat yang digunakan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar Cipta Karya dan Perumahan Lampiran IV.

Tabel 4. 77 Pekerja pada Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Abutment* Jembatan

No.	**Uraian**	**sat**	**Koef**	**Prod**	**Max Manpower**	**Jumlah Pekerja**	**Total Produktivitas**
1	**Tenaga Kerja**					81	196,96
	Mandor	OH	0,033	30,30	1	1	30,303
	Tukang Kayu	OH	0,33	3,030	10	30	90,9090
	Pekerja	OH	0,66	1,5151	20	50	75,7575

A. Durasi Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Abutment* Jembatan STA 43+425

- Durasi Pekerjaan Pemasangan Bekisting $= \frac{Volume}{Produktivitas}$ $= \frac{1119{,}04}{196{,}969697}$ $= 6$ (Hari)

Pekerjaan Pemasangan Bekisting *abutment* pada STA 43+425 dilakukan dengan metode manual sesuai perencanaan teknis. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian mencapai 196,97 m²/hari. Dengan total volume pekerjaan sebesar 1.119,04 m², diperoleh durasi pekerjaan selama 6 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa Pekerjaan Pemasangan Bekisting dapat diselesaikan dalam waktu yang efisien sesuai kapasitas tenaga kerja yang tersedia.

4.6.3.14 Pekerjaan Pengecoran *Abutment* Jembatan

Pekerjaan pengecoran *abutment* jembatan diukur berdasarkan volume beton yang berhasil dicor dalam satuan waktu tertentu. Evaluasi ini mencakup penggunaan tenaga kerja, material, serta peralatan yang terlibat dalam proses pengcoran *abutment*, dengan tujuan untuk meningkatkan kelancaran dan efektivitas pelaksanaan proyek jembatan. Alat yang digunakan *Concrete Pump,Concrete Vibrator* dan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar PERMENPUPR NO. 1 Tahun 2022.

a. *Concrete Pump*

- Kapasitas Alat (V) $= 80$ (m³)
- Faktor Efisiensi Alat (Fa) $= 0{,}83$
- Setting Boom T1 $= 10$ (menit)
- Memompa T2 $= 40$ (menit)
- Mengatur Boom saat Pengecoran T3 $= 5$ (menit)
- Menunggu (Pergantian Truck Mixer) T4 $= 5$ (menit)
- Waktu Siklus (T1 + T2 + T3 + T4) Ts $= 10 + 40 + 5 + 5$ $= 60$ (menit)
- Kapasitas Produktivitas $\left(\frac{\text{v}\times\text{Fa}\times 60}{Ts}\right)$ (Q1) $= \frac{80\times 0{,}83\times 60}{60}$ $= 66{,}4000$ (m³/Jam)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q1}\right)$ $= 0{,}0151$ (Jam)

b. *Concrete Vibrator*

- Kapasitas Pemadatan (V) $=3$ (m³)
- Faktor Efisiensi Alat (Fa) $= 0{,}83$

- Kapasitas Produktivitas v × Fa (Q1) $= 3 \times 0{,}83$
  $= 2{,}49$ (m^3/Jam)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q1}\right)$ $= 0{,}4016$ (Jam)

A. Durasi Pekerjaan Pengecoran *Abutment* Jembatan STA 42+425

- Produktivitas *Concrete Pump* /hari $= \text{Q1} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 66{,}4 \times 1 \times 7$
  $= 464{,}8$ (m^3/hari)
- Produktivitas *Concrete Vibrator*/hari $= \text{Q2} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 2{,}49 \times 5 \times 7$
  $= 87{,}15$ (m^3/hari)
- Durasi Pekerjaan Pengecoran $= \frac{Volume}{Produktivitas}$ $= \frac{998{,}28}{464{,}8}$
  $= 3$ (Hari)

Pekerjaan pengecoran *abutment* pada STA 42+425 dilakukan dengan menggunakan *Concrete Pump* dan *Concrete Vibrator*. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian tertinggi berasal dari *Concrete Pump* sebesar 464,8 m³/hari, sedangkan produktivitas *Concrete Vibrator* sebesar 87,15 m³/hari. Produktivitas *Concrete Pump* digunakan sebagai acuan perhitungan durasi. Dengan total volume pengecoran sebesar 998,28 m³, diperoleh durasi pekerjaan selama 3 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan pengecoran dapat diselesaikan dalam waktu yang efisien sesuai kapasitas alat yang tersedia.

B. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Pengecoran *Abutment* Jembatan

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan pengecoran *abutment* pada STA 43+425 melibatkan 4 orang tenaga kerja serta 2 jenis alat berat, yaitu 1 unit *Concrete Pump* dan 1 unit *Concrete Vibrator*. Dengan volume pekerjaan sebesar 998,28 m³ dan durasi pelaksanaan selama 3 hari, total biaya pekerjaan yang dihitung mencapai Rp1.022.224.416. Biaya terbesar berasal dari penggunaan material beton, menunjukkan bahwa pekerjaan ini sangat bergantung pada bahan baku dan peralatan dibandingkan tenaga kerja manual.

Tabel 4. 78 RAP Pekerjaan Pengecoran Abutment Jembatan

PEKERJAAN JEMBATAN 43+425											
Pekerjaan Abutment Pengecoran A1											
No.	Uraian	sat	Koef	Prod	Max Manpower	Jumlah Pekerja	Total Produktivitas	Durasi	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)	
1	Tenaga Kerja					4	464,8	3			
2	Volume	m^3	998,28								
A	Upah										
	Mandor	OH	0,04	25	1	1	25	3	Rp 147.000	Rp	441.000
	Tukang	OH	0,1	10	3	3	30	3	Rp 127.498	Rp	1.147.482
	Pekerja	OH	0,4	2,5	10	10	25	3	Rp 104.999	Rp	3.149.970
								JUMLAH UPAH PEKERJA		Rp	4.738.452
B	Bahan/Material										
	Beton readymix kelas B		1,02						940.000,00	Rp	957.150.864
								JUMLAH TENAGA BAHAN		Rp	957.150.864
C.	Peralatan										
	CONCRETE PUMP	Jam	0,015060241	66,4		1	464,8		Rp 1.767.100	Rp	37.109.100
	CONCRETE VIBRATOR	Jam	0,401606426	2,49		5	87,15		Rp 221.200	Rp	23.226.000
								JUMLAH TENAGA ALAT		Rp	60.335.100
D.	Jumlah (A+B+C)									Rp	1.022.224.416
E.	Overhead + Profit 10 %									Rp	102.222.442
F.	Harga Pekerjaan (D+E)									Rp	1.124.446.858

Tabel 4.78 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) Pekerjaan Pengecoran Abutment Jembatan. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.3.15 Pekerjaan Bongkar Bekisting *Abutment* Jembatan

Pekerjaan bongkar bekisting *abutment* jembatan diukur berdasarkan waktu yang diperlukan untuk melepas bekisting setelah proses pengcoran selesai. Evaluasi ini mencakup tenaga kerja dan peralatan yang digunakan dalam proses pembongkaran, serta dampaknya terhadap kelancaran jadwal proyek jembatan. Alat yang digunakan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar Cipta Karya dan Perumahan Lampiran IV.

Tabel 4. 79 Pekerja pada Pekerjaan Bongkar Bekisting Abutment Jembatan

No.	Uraian	sat	Koef	Prod	Max Manpower	Jumlah Pekerja	Total Produktivitas
1	**Tenaga Kerja**					11	333,3333333
	Mandor	OH	0,006	166,6	1	1	166,667
	Pekerja	OH	0,06	16,66	10	10	166,667

A. Durasi Pekerjaan Pembongkaran Bekisting *Abutment* Jembatan STA 42+425

- Durasi Pekerjaan Pembongkaran Bekisting $= \frac{Volume}{Produktivitas} = \frac{1119,04}{333,34}$

$= 4$ (Hari)

Pekerjaan pembongkaran bekisting *abutment* pada STA 42+425 dilakukan secara manual tanpa bantuan alat berat. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian mencapai 333,34 m²/hari. Dengan total volume pekerjaan sebesar 1.119,04 m², diperoleh durasi pekerjaan

selama 4 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan pembongkaran bekisting dapat diselesaikan dalam waktu yang efisien sesuai kapasitas tenaga kerja yang tersedia.

B. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Pembongkaran Bekisting *Abutment* Jembatan

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan pembongkaran bekisting *abutment* pada STA 43+425 melibatkan 11 orang tenaga kerja tanpa penggunaan alat berat maupun material tambahan. Dengan volume pekerjaan sebesar 1.119,04 m³ dan durasi pelaksanaan selama 4 hari, total biaya pekerjaan yang dihitung mencapai Rp4.787.960. Biaya terbesar berasal dari upah tenaga kerja, menunjukkan bahwa pekerjaan ini sepenuhnya bergantung pada pelaksanaan manual dibandingkan penggunaan peralatan.

Tabel 4. 80 RAP Pekerjaan Pembongkaran Bekisting Abutment Jembatan

PEKERJAAN JEMBATAN 43+425										
Pekerjaan Abutment Pembongkaran Bekisting A1										
No.	**Uraian**	**sat**	**Koef**	**Prod**	**Max Manpower**	**Jumlah Pekerja**	**Total Produktivitas**	**Durasi**	**Harga Satuan (Rp)**	**Jumlah Harga (Rp)**
1	**Tenaga Kerja**					11	333,3333333	4		
2	**Volume**	m^3	1119,04							
A	**Upah**									
	Mandor	OH	0,006	166,66667	1	1	166,6666667	4	Rp 147.000	Rp 588.000
	Pekerja	OH	0,06	16,666667	10	10	166,6666667	4	Rp 104.999	Rp 4.199.960
								JUMLAH UPAH PEKERJA		**Rp 4.787.960**
B	**Bahan/Material**									
										Rp -
								JUMLAH TENAGA BAHAN		**Rp -**
C.	**Peralatan**									
										Rp -
										Rp -
								JUMLAH TENAGA ALAT		**Rp -**
D.	**Jumlah (A+B+C)**									**Rp 4.787.960**
E.	**Overhead + Profit** 10 %									**Rp 478.796**
F.	**Harga Pekerjaan (D+E)**									**Rp 5.266.756**

Tabel 4.80 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) Pekerjaan Pembongkaran Bekisting Abutment Jembatan. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.3.16 Pekerjaan Pembesian Plat Injak

Pembesian plat injak merupakan proses pembentukan dan pemotongan batang besi sesuai kebutuhan struktur pelat. Tahapan ini melibatkan penggunaan alat *Bar Bender* untuk membengkokkan besi dan *Bar Cutter* untuk memotongnya sesuai panjang yang direncanakan. Produktivitas kerja dihitung berdasarkan kapasitas alat dalam memproses besi per satuan waktu. Alat yang digunakan *Bar Cutter, Bar Bender* dan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar PERMENPUPR NO. 1 Tahun 2022.

a. *Bar Bender*

- Kapasitas Produksivitas (Q1) $= \frac{1}{0{,}04} \times 100$

$=2500$ (Kg/Jam)

- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q1}\right)$ $= 0{,}0004$ (Hari)

b. *Bar Cutter*

- Kapasitas Produksivitas (Q2) $=\frac{1}{0{,}04} \times 100$

$=2500$ (Kg/Jam)

- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q2}\right)$ $= 0{,}0004$ (Hari)

A. Pekerjaan Pembesian Plat Injak Jembatan STA 43+425

- Produktivitas *Bar Bender*/hari $= \text{Q1} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 2500 \times 1 \times 7$

$= 17500$ (kg/hari)

- Produktivitas *Bar Cutter*/hari $= \text{Q2} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 2500 \times 1 \times 7$

$= 17500$ (kg/hari)

- Durasi Pekerjaan Pembesian $= \frac{Volume}{Produktivitas}$ $= \frac{27233{,}81}{17500}$

$= 2$ (Hari)

Pekerjaan pembesian plat injak pada STA 43+425 dilakukan dengan menggunakan alat *Bar Bender* dan *Bar Cutter*. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian masing-masing alat adalah sebesar 17.500 kg/hari. Dengan total volume besi yang dibutuhkan mencapai 27.233,81 kg, maka diperoleh durasi pekerjaan selama 2 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan pembesian plat injak dapat diselesaikan dalam waktu yang efisien sesuai kapasitas alat dan jumlah tenaga kerja yang tersedia.

B. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Pembesian Plat Injak Jembatan

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan pembesian plat injak jembatan pada STA 43+425 melibatkan 16 orang tenaga kerja serta 2 jenis alat, yaitu 1 unit *Bar Cutter* dan 1 unit *Bar Bender*. Dengan volume pekerjaan sebesar 18.585,30 kg dan durasi pelaksanaan selama 2 hari, total biaya pekerjaan yang dihitung mencapai Rp 217.082.647. Biaya terbesar berasal dari tenaga kerja, menunjukkan bahwa pekerjaan ini sangat bergantung pada tenaga kerja dibandingkan penggunaan alat.

Tabel 4. 81 RAP Pekerjaan Pembesian Plat Injak Jembatan

PEKERJAAN JEMBATAN												
Pekerjaan Plat Injak					Pembesian Plat Injak		A1					
No.	Uraian	sat	Koef	Prod	Max Manpower	Jumlah Pekerja	Total Produktivitas	Durasi	Harga Satuan (Rp)		Jumlah Harga (Rp)	
1	**Tenaga Kerja**					16	17500	2				
2	**Volume**	kg	18585,30									
A	**Upah**											
	Mandor	OH	0,00016	6250	1	1	6250	2	Rp	147.000	Rp	294.000
	Tukang Besi	OH	0,0008	1250	5	5	6250	2	Rp	127.498	Rp	1.274.980
	Pekerja	OH	0,0016	625	10	10	6250	2	Rp	104.999	Rp	2.099.980
								JUMLAH UPAH PEKERJA			**Rp**	**3.668.960**
B	**Bahan/Material**											
	Besi Ulir/Besi Polos		1,05							10.560,00	Rp	206.073.806
	Kawat Pengikat		0,015							24.350,00	Rp	6.788.281
								JUMLAH TENAGA BAHAN			**Rp**	**212.862.087**
C.	**Peralatan**											
	Bar Cutter	Jam	0,0004	2500		1	17500		Rp	19.700	Rp	275.800
	Bar Bender	Jam	0,0004	2500		1	17500		Rp	19.700	Rp	275.800
								JUMLAH TENAGA ALAT			**Rp**	**551.600**
D.	**Jumlah (A+B+C)**										**Rp**	**217.082.647**
E.	**Overhead + Profit**	**10 %**									**Rp**	**21.708.265**
F.	**Harga Pekerjaan (D+E)**										**Rp**	**238.790.912**

Tabel 4.81 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) Pekerjaan Pembesian Plat Injak Jembatan. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.3.17 Pekerjaan Pemasangan Bekisting Plat Injak Jembatan

Pekerjaan Pemasangan Bekisting plat injak jembatan dihitung berdasarkan waktu yang dibutuhkan untuk pemasangan bekisting pada struktur plat injak. Evaluasi ini mencakup penggunaan tenaga kerja yang terdiri dari mandor, tukang kayu, dan pekerja, serta jumlah produktivitas yang tercapai dalam pelaksanaan proyek. Alat yang digunakan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar Cipta Karya dan Perumahan Lampiran IV.

Tabel 4. 82 Pekerja pada Pekerjaan Pemasangan Bekisting Plat Injak Jembatan

No.	Uraian	sat	Koef	Prod	Max	Jumlah	Total
					Manpower	Pekerja	Produktivitas
1	**Tenaga Kerja**					16	60,60606061
	Mandor	OH	0,033	30,30	1	1	30,3030303
	Tukang Kayu	OH	0,33	3,030	10	5	15,15151515
	Pekerja	OH	0,66	1,5151	20	10	15,15151515

A. Durasi Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Pilecap* Jembatan STA 43+425

- Durasi Pekerjaan Pemasangan Bekisting $= \frac{Volume}{Produktivitas}$ $= \frac{32,38}{90,9090}$

  $= 1$ (Hari)

Pekerjaan Pemasangan Bekisting *pilecap* jembatan pada STA 43+425 dilakukan dengan memperhitungkan volume pekerjaan dan produktivitas. Berdasarkan perhitungan, produktivitas pekerjaan untuk bekisting adalah 90,9090 m²/hari. Dengan volume pekerjaan yang dihitung sebesar 32,38 m², diperoleh durasi pekerjaan selama 1 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa Pekerjaan Pemasangan Bekisting pilecap dapat diselesaikan dalam waktu yang efisien sesuai dengan produktivitas yang diharapkan.

B. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Pilecap* Jembatan

Rencana anggaran pelaksanaan Pekerjaan Pemasangan Bekisting pada *Pilecap* Jembatan STA 43+425 melibatkan 16 orang tenaga kerja dengan durasi pekerjaan selama 1 hari. Volume pekerjaan tercatat sebesar 3.238 m³. Berdasarkan hasil perhitungan, total biaya dari komponen utama yang terdiri atas tenaga kerja, bahan/material, dan peralatan adalah sebesar Rp 1.946.373. Biaya terbesar berasal dari upah pekerja serta pembelian material seperti plywood tebal 12 mm, paku, balok kayu kelas 2, dan minyak. Hal ini menunjukkan bahwa Pekerjaan Pemasangan Bekisting pilecap memerlukan pengeluaran yang signifikan untuk tenaga kerja dan material sebagai komponen utama dalam pelaksanaan konstruksinya.

Tabel 4. 83 RAP Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Pilecap* Jembatan

				PEKERJAAN JEMBATAN			43+425				
		Pekerjaan Plat Injak			Pemasangan Bekisting		A1				
No.	Uraian	sat	Koef	Prod	Max Manpower	Jumlah Pekerja	Total Produktivitas	Durasi	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)	
1	**Tenaga Kerja**					16	60,60606061	1			
2	**Volume**	m^3	32,38								
A	**Upah**										
	Mandor	OH	0,033	30,30303	1	1	30,3030303	1	Rp 147.000	Rp	147.000
	Tukang Kayu	OH	0,33	3,030303	5	5	15,15151515	1	Rp 127.498	Rp	637.490
	Pekerja	OH	0,66	1,5151515	10	10	15,15151515	1	Rp 104.999	Rp	1.049.990
								JUMLAH UPAH PEKERJA		**Rp**	**1.834.480**
B	**Bahan/Material**										
	Plywood tebal 12 mm	lembar	0,127						Rp 82.500	Rp	339.224
	Paku	kg	0,4						Rp 21.000	Rp	271.962
	Balok Kayu Kelas 2	m3	0,00465						Rp 12.500	Rp	1.882
	Minyak	Ltr	0,15						Rp 23.040	Rp	111.893
								JUMLAH TENAGA BAHAN		**Rp**	**111.893**
C.	**Peralatan**										
										Rp	-
										Rp	-
								JUMLAH TENAGA ALAT		**Rp**	**-**
D.	**Jumlah (A+B+C)**									**Rp**	**1.946.373**
E.	**Overhead + Profit**	**10 %**								**Rp**	**194.637**
F.	**Harga Pekerjaan (D+E)**									**Rp**	**2.141.010**

Tabel 4.83 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Pilecap* Jembatan. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.3.18 Pekerjaan Pengecoran Plat Injak Jembatan

Pekerjaan pengecoran plat injak jembatan diukur berdasarkan volume beton yang berhasil dicor dalam satuan waktu tertentu. Alat yang digunakan *Concrete Pump,Concrete*

Vibrator dan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar PERMENPUPR NO. 1 Tahun 2022. Berikut merupakan produktivitas dari pekerjaan pengecoran Plat Injak.

a. *Concrete Pump*

- Kapasitas Alat (V) $= 80$ (m^3)
- Faktor Efisiensi Alat (Fa) $= 0{,}83$
- Setting Boom T1 $= 10$ (menit)
- Memompa T2 $= 40$ (menit)
- Mengatur Boom saat Pengecoran T3 $= 5$ (menit)
- Menunggu (Pergantian Truck Mixer) T4 $= 5$ (menit)
- Waktu Siklus ($T1 + T2 + T3 + T4$) Ts $= 10 + 40 + 5 + 5$
  $= 60$ (menit)
- Kapasitas Produktivitas $\left(\frac{v \times Fa \times 60}{Ts}\right)$ (Q1) $= \frac{80 \times 0{,}83 \times 60}{60}$
  $= 66{,}4000$ (m^3/Jam)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q1}\right)$ $= 0{,}0151$ (Jam)

b. *Concrete Vibrator*

- Kapasitas Pemadatan (V) $=3$ (m^3)
- Faktor Efisiensi Alat (Fa) $= 0{,}83$
- Kapasitas Produktivitas $v \times Fa$ (Q1) $= 3 \times 0{,}83$
  $= 2{,}49$ (m^3/Jam)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q1}\right)$ $= 0{,}4016$ (Jam)

A. Durasi Pekerjaan Pengecoran Plat Injak Jembatan STA 42+425

- Produktivitas *Concrete Pump* /hari $= Q1 \times \text{Jumlah Alat} \times Tk$ $= 66{,}4 \times 1 \times 7$
  $= 464{,}8$ (m^3/hari)
- Produktivitas *Concrete Vibrator*/hari $= Q2 \times \text{Jumlah Alat} \times Tk$ $= 2{,}49 \times 5 \times 7$
  $= 87{,}15$ (m^3/hari)
- Durasi Pekerjaan Pengecoran $= \frac{Volume}{Produktivitas}$ $= \frac{85{,}33}{464{,}8}$
  $= 1$ (Hari)

Pekerjaan pengecoran plat injak jembatan pada STA 42+425 dilakukan dengan menggunakan *Concrete Pump* dan *Concrete Vibrator*. Berdasarkan perhitungan, produktivitas

harian tertinggi berasal dari *Concrete Vibrator* sebesar 87,15 m³/hari, sedangkan produktivitas *Concrete Pump* adalah 464,8 m³/hari yang digunakan sebagai acuan perhitungan durasi. Dengan volume pekerjaan sebesar 85,33 m³, diperoleh durasi pekerjaan selama 1 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan pengecoran dapat diselesaikan dalam waktu yang efisien sesuai kapasitas alat yang tersedia.

B. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Pengecoran Plat Injak Jembatan

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan pengecoran plat injak jembatan pada STA 43+425 melibatkan 11 orang tenaga kerja serta 2 jenis alat, yaitu 1 unit *Concrete Pump* dan 5 unit *Concrete Vibrator*. Dengan volume pekerjaan sebesar 85,33 m³ dan durasi pelaksanaan selama 1 hari, total biaya pekerjaan yang dihitung mencapai Rp 103.122.423. Biaya terbesar berasal dari penggunaan alat, terutama *Concrete Pump* dan *Concrete Vibrator*, menunjukkan bahwa pekerjaan ini sangat bergantung pada peralatan dibandingkan dengan tenaga kerja manual.

Tabel 4. 84 RAP Pekerjaan Pengecoran Plat Injak Jembatan

PEKERJAAN JEMBATAN 43+425											
Pekerjaan Plat Injak Pengecoran A1											
No.	**Uraian**	**sat**	**Koef**	**Prod**	**Max Manpower**	**Jumlah Pekerja**	**Total Produktivitas**	**Durasi**	**Harga Satuan (Rp)**	**Jumlah Harga (Rp)**	
1	**Tenaga Kerja**					11	464,8	1			
2	**Volume**	m^3	85,33								
A	**Upah**										
	Mandor	OH	0,04	25	1	1	25	1	Rp 147.000	Rp	147.000
	Tukang	OH	0,1	10	10	10	100	1	Rp 104.999	Rp	1.049.990
								JUMLAH UPAH PEKERJA		**Rp**	**1.196.990**
B	**Bahan/Material**										
	Beton readymix kelas B		1,02						940.000,00	Rp	81.813.733
								JUMLAH TENAGA BAHAN		**Rp**	**81.813.733**
C.	**Peralatan**										
	CONCRETE PUMP	Jam	0,015060241	66,4		1	464,8		Rp 1.767.100	Rp	12.369.700
	CONCRETE VIBRATOR	Jam	0,401606426	2,49		5	87,15		Rp 221.200	Rp	7.742.000
								JUMLAH TENAGA ALAT		**Rp**	**20.111.700**
D.	**Jumlah (A+B+C)**									**Rp**	**103.122.423**
E.	**Overhead + Profit**	**10 %**								**Rp**	**10.312.242**
F.	**Harga Pekerjaan (D+E)**									**Rp**	**113.434.665**

Tabel 4.84 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) Pekerjaan Pengecoran Plat Injak Jembatan. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.3.19 Pekerjaan Bongkar Bekisting Plat Injak Jembatan

Pekerjaan bongkar bekisting plat injak jembatan dihitung berdasarkan waktu yang dibutuhkan untuk pembongkaran bekisting pada struktur plat injak. Evaluasi ini mencakup penggunaan tenaga kerja yang terdiri dari mandor dan pekerja, serta jumlah produktivitas yang tercapai dalam pelaksanaan proyek. Alat yang digunakan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar Cipta Karya dan Perumahan Lampiran IV.

Tabel 4. 85 Pekerja pada Pekerjaan Bongkar Bekisting Plat Injak Jembatan

No.	Uraian	sat	Koef	Prod	Max Manpower	Jumlah Pekerja	Total Produktivitas
1	**Tenaga Kerja**					11	250
	Mandor	OH	0,006	166,6	1	1	166,667
	Pekerja	OH	0,06	16,66	10	5	83,33333333

A. Durasi Pekerjaan Pembongkaran Bekisting Plat Injak Jembatan STA 42+425

- Durasi Pekerjaan Pembongkaran Bekisting $= \frac{Volume}{Produktivitas}$ $= \frac{32{,}38}{250}$ $= 1$ (Hari)

Pekerjaan pembongkaran bekisting plat injak jembatan pada STA 42+425 dihitung berdasarkan waktu yang dibutuhkan untuk pembongkaran bekisting pada struktur plat injak. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian untuk pembongkaran bekisting adalah 250 m²/hari. Dengan volume pekerjaan sebesar 32,38 m², diperoleh durasi pekerjaan selama 1 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan pembongkaran bekisting dapat diselesaikan dalam waktu yang efisien sesuai kapasitas tenaga kerja yang tersedia.

B. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Pembongkaran Bekisting Plat Injak Jembatan STA 42+425

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan pembongkaran bekisting plat injak jembatan pada STA 43+425 melibatkan 6 orang tenaga kerja. Dengan volume pekerjaan sebesar 32,38 m³ dan durasi pelaksanaan selama 1 hari, total biaya pekerjaan yang dihitung mencapai Rp 671.995. Biaya terbesar berasal dari upah tenaga kerja, menunjukkan bahwa pekerjaan ini sangat bergantung pada tenaga kerja dalam pembongkaran bekisting.

Tabel 4. 86 RAP Pekerjaan Pembongkaran Bekisting Plat Injak Jembatan

PEKERJAAN JEMBATAN 43+425										
Pekerjaan Plat Injak Pembongkaran Bekisting A1										
No.	Uraian	sat	Koef	Prod	Max Manpower	Jumlah Pekerja	Total Produktivitas	Durasi	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	Tenaga Kerja					6	250	1		
2	Volume	m^3	32,38							
A	Upah									
	Mandor	OH	0,006	166,66667	1	1	166,6666667	1	Rp 147.000	Rp 147.000
	Pekerja	OH	0,06	16,666667	10	5	83,33333333	1	Rp 104.999	Rp 524.995
								JUMLAH UPAH PEKERJA		Rp 671.995
B	Bahan/Material									
										Rp -
								JUMLAH TENAGA BAHAN		Rp -
C.	Peralatan									
										Rp -
										Rp -
								JUMLAH TENAGA ALAT		Rp -
D.	Jumlah (A+B+C)									Rp 671.995
E.	Overhead + Profit 10 %									Rp 67.200
F.	Harga Pekerjaan (D+E)									Rp 739.195

Tabel 4.86 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) Pekerjaan Pembongkaran Bekisting Plat Injak Jembatan. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.3.20 Pekerjaan Pembesian *Wing Wall* Jembatan

Pekerjaan pembesian *wing wall* jembatan diukur berdasarkan jumlah dan berat tulangan baja yang berhasil dipasang dalam satuan waktu tertentu. Evaluasi ini mencakup penggunaan tenaga kerja, material, serta metode yang digunakan dalam pemasangan tulangan pada struktur *wing wall* jembatan. Alat yang digunakan *Bar Cutter, Bar Bender* dan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar PERMENPUPR NO. 1 Tahun 2022.

a. *Bar Bender*

- Kapasitas Produksivitas (Q1) $= \frac{1}{0{,}04} \times 100$
  $= 2500$ (Kg/Jam)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q1}\right)$ $= 0{,}0004$ (Hari)

b. *Bar Cutter*

- Kapasitas Produksivitas (Q2) $= \frac{1}{0{,}04} \times 100$
  $= 2500$ (Kg/Jam)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q2}\right)$ $= 0{,}0004$ (Hari)

A. Durasi Pekerjaan Pembesian *Wing Wall* Jembatan STA 43+425

- Produktivitas *Bar Bender*/hari $= Q1 \times \text{Jumlah Alat} \times Tk = 2500 \times 1 \times 7$
  $= 17500$ (kg/hari)
- Produktivitas *Bar Cutter*/hari $= Q2 \times \text{Jumlah Alat} \times Tk = 2500 \times 1 \times 7$
  $= 17500$ (kg/hari)

- Durasi Pekerjaan Pembesian $= \frac{Volume}{Produktivitas} = \frac{30734{,}44}{17500}$

$= 2$ (Hari)

Pekerjaan pembesian *wing wall* jembatan pada STA 43+425 dilakukan dengan menggunakan *Bar Bender* dan *Bar Cutter*. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian untuk *Bar Bender* dan *Bar Cutter* adalah 17.500 kg/hari. Dengan volume pekerjaan sebesar 30.734,44 kg, diperoleh durasi pekerjaan selama 2 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan pembesian dapat diselesaikan dalam waktu yang efisien sesuai kapasitas alat yang tersedia.

B. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Pembesian *Wing Wall* Jembatan STA 43+425

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan pembesian *wing wall* jembatan pada STA 43+425 melibatkan 16 orang tenaga kerja serta 2 jenis alat, yaitu 1 unit *Bar Cutter* dan 1 unit *Bar Bender*. Dengan volume pekerjaan sebesar 30.734,44 kg dan durasi pelaksanaan selama 2 hari, total biaya pekerjaan yang dihitung mencapai Rp 356.229.785. Biaya terbesar berasal dari penggunaan tenaga kerja, terutama mandor dan tukang besi, menunjukkan bahwa pekerjaan ini sangat bergantung pada tenaga kerja dibandingkan dengan penggunaan alat.

Tabel 4. 87 RAP Pekerjaan Pembesian Wing Wall Jembatan

PEKERJAAN JEMBATAN											
		Pekerjaan Wing Wall			Pembesian Wing Wall		A1				
No.	**Uraian**	**sat**	**Koef**	**Prod**	**Max Manpower**	**Jumlah Pekerja**	**Total Produktivitas**	**Durasi**	**Harga Satuan (Rp)**		**Jumlah Harga (Rp)**
1	**Tenaga Kerja**					16	17500	2			
2	**Volume**	kg	30734,44								
A	**Upah**										
	Mandor	OH	0,00016	6250	1	1	6250	2	Rp 147.000	Rp	294.000
	Tukang Besi	OH	0,0008	1250	5	5	6250	2	Rp 127.498	Rp	1.274.980
	Pekerja	OH	0,0016	625	10	10	6250	2	Rp 104.999	Rp	2.099.980
								JUMLAH UPAH PEKERJA		**Rp**	**3.668.960**
B	**Bahan/Material**										
	Besi Ulir/Besi Polos		1,05						10.560,00	Rp	340.783.471
	Kawat Pengikat		0,015						24.350,00	Rp	11.225.754
								JUMLAH TENAGA BAHAN		**Rp**	**352.009.225**
C.	**Peralatan**										
	Bar Cutter	Jam	0,0004	2500		1	17500		Rp 19.700	Rp	275.800
	Bar Bender	Jam	0,0004	2500		1	17500		Rp 19.700	Rp	275.800
								JUMLAH TENAGA ALAT		**Rp**	**551.600**
D.	**Jumlah (A+B+C)**									**Rp**	**356.229.785**
E.	**Overhead + Profit**	**10 %**								**Rp**	**35.622.978**
F.	**Harga Pekerjaan (D+E)**									**Rp**	**391.852.763**

Tabel 4.87 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) Pekerjaan Pembesian Wing Wall Jembatan. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.3.21 Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Wing Wall* Jembatan

Pekerjaan Pemasangan Bekisting *wing wall* jembatan diukur berdasarkan waktu yang diperlukan untuk pemasangan bekisting pada struktur *wing wall*. Evaluasi ini mencakup penggunaan tenaga kerja, material, serta peralatan yang terlibat dalam proses pemasangan

bekisting untuk mendukung kelancaran pelaksanaan proyek jembatan. Alat yang digunakan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar Cipta Karya dan Perumahan Lampiran IV.

Tabel 4. 88 Pekerja pada Pekerjaan Pemasangan Bekisting Wing Wall

No.	Uraian	sat	Koef	Prod	Max Manpower	Jumlah Pekerja	Total Produktivitas
1	**Tenaga Kerja**					31	90,90909091
	Mandor	OH	0,033	30,30303	1	1	30,3030303
	Tukang Kayu	OH	0,33	3,030303	10	10	30,3030303
	Pekerja	OH	0,66	1,5151515	20	20	30,3030303

A. Durasi Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Abutment* Jembatan STA 43+425

a. Durasi Pekerjaan Pemasangan Bekisting $= \frac{Volume}{Produktivitas}$ $= \frac{451{,}01}{90{,}90909091}$ $= 5$ (Hari)

Pekerjaan Pemasangan Bekisting abutment jembatan pada STA 43+425 dihitung berdasarkan waktu yang dibutuhkan untuk pemasangan bekisting pada struktur abutment. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian untuk Pekerjaan Pemasangan Bekisting adalah 90,90909091 m²/hari. Dengan volume pekerjaan sebesar 451,01 m², diperoleh durasi pekerjaan selama 5 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa Pekerjaan Pemasangan Bekisting dapat diselesaikan dalam waktu yang efisien sesuai kapasitas tenaga kerja yang tersedia.

B. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Wing Wall* Jembatan

Rencana anggaran pelaksanaan Pekerjaan Pemasangan Bekisting pada *Wing Wall* Jembatan STA 43+425 melibatkan 31 orang tenaga kerja dengan durasi pelaksanaan selama 5 hari. Volume pekerjaan yang ditangani adalah sebesar 451,01 m³. Dari hasil perhitungan, total biaya dari komponen utama yang mencakup tenaga kerja, material, dan peralatan mencapai Rp 15.667.906. Biaya terbesar berasal dari upah pekerja dan penggunaan material utama, yang menunjukkan tingginya kebutuhan sumber daya dalam pelaksanaan pekerjaan ini.

Tabel 4. 89 RAP Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Wing Wall* Jembatan

				PEKERJAAN JEMBATAN			43+425					
		Pekerjaan Wing Wall			Pemasangan Bekisting		A1					
No.	Uraian	sat	Koef	Prod	Max Manpower	Jumlah Pekerja	Total Produktivitas	Durasi	Harga Satuan (Rp)		Jumlah Harga (Rp)	
1	**Tenaga Kerja**					31	90,90909091	5				
2	**Volume**	m^3	451,01									
A	**Upah**											
	Mandor	OH	0,033	30,30303	1	1	30,3030303	5	Rp	147.000	Rp	729.284
	Tukang Kayu	OH	0,33	3,030303	10	10	30,3030303	5	Rp	127.498	Rp	6.325.323
	Pekerja	OH	0,66	1,5151515	20	20	30,3030303	5	Rp	104.999	Rp	7.054.607
								JUMLAH UPAH PEKERJA			**Rp**	**14.109.214**
B	**Bahan/Material**											
	Plywood tebal 12 mm	lembar	0,127							82.500,00	Rp	4.725.463
	Paku	kg	0,4							21.000,00	Rp	3.788.488
	Balok Kayu Kelas 2	m3	0,00465							12.500,00	Rp	26.215
	Minyak	Ltr	0,15							23.040,00	Rp	1.558.692
								JUMLAH TENAGA BAHAN			**Rp**	**1.558.692**
C.	**Peralatan**											
											Rp	-
											Rp	-
								JUMLAH TENAGA ALAT			**Rp**	**-**
D.	**Jumlah (A+B+C)**										**Rp**	**15.667.906**
E.	**Overhead + Profit**	**10 %**									**Rp**	**1.566.791**
F.	**Harga Pekerjaan (D+E)**										**Rp**	**17.234.697**

Tabel 4.89 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Wing Wall* Jembatan. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.3.22 Pekerjaan Pengecoran *Wing Wall* Jembatan

Pekerjaan pengecoran *wing wall* jembatan diukur berdasarkan volume beton yang berhasil dicor dalam satuan waktu tertentu. Evaluasi ini mencakup penggunaan tenaga kerja, material, serta peralatan yang terlibat dalam proses pengcoran, dengan tujuan untuk meningkatkan kelancaran pelaksanaan pekerjaan pada proyek jembatan. Alat yang digunakan *Concrete Pump,Concrete Vibrator* dan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar PERMENPUPR NO. 1 Tahun 2022.

a. *Concrete Pump*

- Kapasitas Alat (V) $= 80\ (m^3)$
- Faktor Efisiensi Alat (Fa) $= 0{,}83$
- Setting Boom T1 $= 10$ (menit)
- Memompa T2 $= 40$ (menit)
- Mengatur Boom saat Pengecoran T3 $= 5$ (menit)
- Menunggu (Pergantian Truck Mixer) T4 $= 5$ (menit)
- Waktu Siklus (T1 + T2 + T3 + T4) Ts $= 10 + 40 + 5 + 5$
  $= 60$ (menit)
- Kapasitas Produktivitas $\left(\frac{v \times Fa \times 60}{Ts}\right)$ (Q1) $= \frac{80 \times 0{,}83 \times 60}{60}$
  $= 66{,}4000\ (m^3/Jam)$

- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q1}\right)$ $= 0{,}0151$ (Jam)

d. *Concrete Vibrator*

- Kapasitas Pemadatan (V) =3 (m^3)
- Faktor Efisiensi Alat (Fa) = 0,83
- Kapasitas Produktivitas v × Fa (Q1) $= 3 \times 0{,}83$
  $= 2{,}49$ (m^3/Jam)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q1}\right)$ $= 0{,}4016$ (Jam)

A. Durasi Pekerjaan Pengecoran *Wing Wall* Jembatan STA 42+425

- Produktivitas *Concrete Pump* /hari $= \text{Q1} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 66{,}4 \times 1 \times 7$
  $= 464{,}8$ (m^3/hari)
- Produktivitas *Concrete Vibrator*/hari $= \text{Q2} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 2{,}49 \times 5 \times 7$
  $= 87{,}15$ (m^3/hari)
- Durasi Pekerjaan Pembesian $= \frac{Volume}{Produktivitas}$ $= \frac{102{,}02}{464{,}8}$
  $= 3$ (Hari)

Pekerjaan pengecoran *wing wall* jembatan pada STA 42+425 dihitung berdasarkan waktu yang dibutuhkan untuk pengecoran. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian tertinggi berasal dari *Concrete Vibrator* sebesar 87,15 m³/hari, sedangkan produktivitas *Concrete Pump* adalah 464,8 m³/hari yang digunakan sebagai acuan perhitungan durasi. Dengan volume pekerjaan sebesar 102,02 m³, diperoleh durasi pekerjaan selama 3 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan pengecoran dapat diselesaikan dalam waktu yang efisien sesuai kapasitas alat yang tersedia.

B. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Pengecoran *Wing Wall* Jembatan

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan pengecoran *wing wall* jembatan pada STA 43+425 melibatkan 11 orang tenaga kerja serta 2 jenis alat, yaitu 1 unit *Concrete Pump* dan 5 unit *Concrete Vibrator*. Dengan volume pekerjaan sebesar 102,02 m³ dan durasi pelaksanaan selama 1 hari, total biaya pekerjaan yang dihitung mencapai Rp 119.125.466. Biaya terbesar berasal dari penggunaan tenaga kerja, terutama mandor dan tukang, menunjukkan bahwa pekerjaan ini sangat bergantung pada tenaga kerja dibandingkan dengan penggunaan alat.

Tabel 4. 90 RAP Pekerjaan Pengecoran Wing Wall Jembatan

PEKERJAAN JEMBATAN 43+425											
Pekerjaan Wing Wall Pengecoran A1											
No.	**Uraian**	**sat**	**Koef**	**Prod**	**Max Manpower**	**Jumlah Pekerja**	**Total Produktivitas**	**Durasi**	**Harga Satuan (Rp)**	**Jumlah Harga (Rp)**	
1	**Tenaga Kerja**					11	464,8	1			
2	**Volume**	m^3	102,02								
A	**Upah**										
	Mandor	OH	0,04	25	1	1	25	1	Rp 147.000	Rp	147.000
	Tukang	OH	0,1	10	10	10	100	1	Rp 104.999	Rp	1.049.990
								JUMLAH UPAH PEKERJA		**Rp**	**1.196.990**
B	**Bahan/Material**										
	Beton readymix kelas B		1,02						940.000,00	Rp	97.816.776
								JUMLAH TENAGA BAHAN		**Rp**	**97.816.776**
C.	**Peralatan**										
	CONCRETE PUMP	Jam	0,015060241	66,4		1	464,8		Rp 1.767.100	Rp	12.369.700
	CONCRETE VIBRATOR	Jam	0,401606426	2,49		5	87,15		Rp 221.200	Rp	7.742.000
								JUMLAH TENAGA ALAT		**Rp**	**20.111.700**
D.	**Jumlah (A+B+C)**									**Rp**	**119.125.466**
E.	**Overhead + Profit**		**10 %**							**Rp**	**11.912.547**
F.	**Harga Pekerjaan (D+E)**									**Rp**	**131.038.013**

Tabel 4.90 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) Pekerjaan Pengecoran Wing Wall Jembatan. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.3.23 Pekerjaan Bongkar Bekisting *Wing Wall* Jembatan

Pekerjaan bongkar bekisting *wing wall* jembatan diukur berdasarkan waktu yang diperlukan untuk melepas bekisting setelah proses pengcoran selesai. Evaluasi ini mencakup tenaga kerja dan peralatan yang digunakan dalam proses pembongkaran, serta dampaknya terhadap kelancaran jadwal proyek jembatan. Alat yang digunakan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar Cipta Karya dan Perumahan Lampiran IV.

Tabel 4. 91 Pekerja pada Pekerjaan Bongkar Bekisting Wing Wall

No.	**Uraian**	**sat**	**Koef**	**Prod**	**Max Manpower**	**Jumlah Pekerja**	**Total Produktivitas**
1	**Tenaga Kerja**					11	333,3333333
	Mandor	OH	0,006	166,66667	1	1	166,6666667
	Pekerja	OH	0,06	16,666667	10	10	166,6666667

A. Durasi Pekerjaan Pembongkaran Bekisting *Wing Wall* Jembatan STA 42+425

- Durasi Pekerjaan Pembongkaran Bekisting $= \frac{Volume}{Produktivitas} = \frac{451{,}01}{333{,}34}$

$= 2$ (Hari)

Pekerjaan pembongkaran bekisting *wing wall* jembatan pada STA 42+425 dihitung berdasarkan waktu yang dibutuhkan untuk pembongkaran bekisting pada struktur wing wall. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian untuk pembongkaran bekisting adalah 333,34 m²/hari. Dengan volume pekerjaan sebesar 451,01 m², diperoleh durasi pekerjaan selama 2 hari.

Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan pembongkaran bekisting dapat diselesaikan dalam waktu yang efisien sesuai kapasitas tenaga kerja yang tersedia.

B. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Pembongkaran Bekisting *Wing Wall* Jembatan

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan pembongkaran bekisting *wing wall* jembatan pada STA 43+425 melibatkan 11 orang tenaga kerja. Dengan volume pekerjaan sebesar 451,01 m^3 dan durasi pelaksanaan selama 2 hari, total biaya pekerjaan yang dihitung mencapai Rp 2.393.980. Biaya terbesar berasal dari upah tenaga kerja, menunjukkan bahwa pekerjaan ini sangat bergantung pada tenaga kerja dibandingkan dengan penggunaan bahan dan alat.

Tabel 4. 92 RAP Pekerjaan Pembongkaran Bekisting *Wing Wall* Jembatan

PEKERJAAN JEMBATAN 43+425										
Pekerjaan Wing Wall					Pembongkaran Bekisting A1					
No.	**Uraian**	**sat**	**Koef**	**Prod**	**Max Manpower**	**Jumlah Pekerja**	**Total Produktivitas**	**Durasi**	**Harga Satuan (Rp)**	**Jumlah Harga (Rp)**
1	**Tenaga Kerja**					11	333,3333333	2		
2	**Volume**	m^3	451,01							
A	**Upah**									
	Mandor	OH	0,006	166,66667	1	1	166,6666667	2	Rp 147.000	Rp 294.000
	Pekerja	OH	0,06	16,666667	10	10	166,6666667	2	Rp 104.999	Rp 2.099.980
								JUMLAH UPAH PEKERJA		**Rp 2.393.980**
B	**Bahan/Material**									
										Rp -
								JUMLAH TENAGA BAHAN		**Rp -**
C.	**Peralatan**									
										Rp -
										Rp -
								JUMLAH TENAGA ALAT		**Rp -**
D.	**Jumlah (A+B+C)**									**Rp 2.393.980**
E.	**Overhead + Profit**	**10 %**								**Rp 239.398**
F.	**Harga Pekerjaan (D+E)**									**Rp 2.633.378**

Tabel 4.92 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) Pekerjaan Pembongkaran Bekisting *Wing Wall* Jembatan. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.3.24 Pekerjaan Pemasangan Bearing Pad

Pekerjaan pemasangan bearing pad jembatan diukur berdasarkan waktu yang diperlukan untuk memasang bearing pad pada struktur jembatan. Evaluasi ini mencakup tenaga kerja yang terdiri dari mandor dan pekerja, serta jumlah produktivitas yang tercapai dalam pelaksanaan pekerjaan. Alat yang digunakan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar PERMENPUPR NO. 1 Tahun 2022.

Tabel 4. 93 Pekerja pada Pekerjaan Pemasangan Bearing Pad

No.	**Uraian**	**sat**	**Koef**	**Prod**	**Max Manpower**	**Jumlah Pekerja**	**Total Produktivitas**
1	**Tenaga Kerja**					11	9,333333333

No.	Uraian	sat	Koef	Prod	Max Manpower	Jumlah Pekerja	Total Produktivitas
	Mandor	OH	0,0125	1,3333	1	1	9,333333333
	Pekerja	OH	0,125	0,1333	10	10	9,333333333

A. Durasi Pekerjaan Pemasangan Bearing Pad Jembatan STA 42+425

- Durasi Pekerjaan Pembongkaran Bekisting $= \frac{Volume}{Produktivitas} = \frac{24}{9{,}33}$

$= 3$ (Hari)

Pekerjaan pemasngan *bearing pad* jembatan pada STA 42+425 dilakukan dengan pekerja manual. Berdasarkan perhitungan, produktivitas pekerja yaitu 9,33 yang digunakan sebagai acuan perhitungan durasi. Dengan total pekerjaan sebanyak 24 buah, diperoleh durasi pekerjaan selama 3 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan pemasangan *bearing pad* diselesaikan dalam waktu yang efisien.

Tabel 4. 94 RAP Pekerjaan Pemasangan Bearing Pad

PEKERJAAN JEMBATAN 43+425											
Pekerjaan Girder & Bearing Pad Pemasangan Bearing Pad A1											
No.	Uraian	sat	Koef	Prod	Max Manpower	Jumlah Pekerja	Total Produktivitas	Durasi	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)	
1	Tenaga Kerja					11	9,333333333	3			
2	Volume	buah	24,00								
A	Upah										
	Mandor	OH	0,0125	1,3333333	1	1	9,333333333	3	Rp 147.000	Rp	441.000
	Pekerja	OH	0,125	0,1333333	10	10	9,333333333	3	Rp 104.999	Rp	3.149.970
								JUMLAH UPAH PEKERJA		Rp	3.590.970
B	Bahan/Material										
	Bearing pad (450 x 650 x 56) fix								5.650.000,00	Rp	135.600.000
								JUMLAH TENAGA BAHAN		Rp	135.600.000
C.	Peralatan										
										Rp	-
										Rp	-
								JUMLAH TENAGA ALAT		Rp	-
D.	Jumlah (A+B+C)									Rp	139.190.970
E.	Overhead + Profit 10 %									Rp	13.919.097
F.	Harga Pekerjaan (D+E)									Rp	153.110.067

Tabel 4.94 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) Pekerjaan Pemasangan Bearing Pad. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.3.25 Pekerjaan *Erection PC I Girder* Jembatan

Pekerjaan *erection PC I girder* jembatan diukur berdasarkan waktu yang dibutuhkan untuk pemasangan setiap unit girder pada struktur jembatan. Evaluasi ini mencakup penggunaan tenaga kerja, peralatan, serta metode yang diterapkan dalam proses pemasangan girder, dengan tujuan untuk meningkatkan kelancaran dan efektivitas pelaksanaan pekerjaan pada proyek jembatan. Alat yang digunakan *Crane,Truck Boggie* dan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar PERMENPUPR NO. 1 Tahun 2022.

a. *Crane Service* 150 Ton

- Kapasitas produksi (v) $= 1$ (Buah)
- Faktor Efesiensi Alat (Fa) $= 0{,}83$
- Waktu Memasang Sling (T1) $= 8$ (menit)
- Waktu Mengangkat Girder ke Tumpuan (T2) $= 15$ (menit)
- Waktu Mengatur Girder (T3) $= 12$ (menit)
- Waktu Meletakkan Girder Ke Tumpuan (T4) $= 3$ (menit)
- Waktu Kembali (T5) $= 5$ (menit)
- Waktu Siklus $(T1 + T2 + T3 + T4 + T5)$ (Ts) $= (8 + 15 + 12 + 3 + 5)$
  $= 43$ (menit)
- Kapasitas Produksivitas $\left(\frac{V \times Fa \times 60}{Ts}\right)$ (Q1) $= \frac{1 \times 0{,}83 \times 60}{43}$
  $= 1{,}1581$ (Buah/Jam)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q1}\right)$ $= \frac{2}{1{,}1581}$
  $= 1{,}7269$ Jam

b. *Truck Boggie*

- Kapasitas produksi (v) $= 1$ (Buah)
- Faktor Efesiensi Alat (Fa) $= 0{,}83$
- Waktu Memasang Sling (T1) $= 8$ (menit)
- Waktu Pengangkutan (T2) $= 12$ (menit)
- Waktu Melepas Sling (T3) $= 5$ (menit)
- Waktu Kembali (T4) $= 7$ (menit)
- Waktu Siklus $(T1 + T2 + T3 + T4)$ (Ts) $= (8 + 12 + 5 + 7)$
  $= 32$ (menit)
- Kapasitas Produksivitas $\left(\frac{V \times Fa \times 60}{Ts}\right)$ (Q1) $= \frac{1 \times 0{,}83 \times 60}{32}$
  $= 1{,}5563$ (Buah/Jam)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q1}\right)$ $= \frac{1}{1{,}5563}$
  $= 0{,}6426$ Jam

A. Durasi Pekerjaan *Erection PCI Girder* Jembatan STA 42+425

- Produktivitas *Crane Service* 100 Ton/hari $= Q1 \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk} = 1 \times 1 \times 7 = 8$ (Buah/hari)
- Produktivitas *Truck Boggie*/hari $= Q2 \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk} = 1 \times 5 \times 7 = 11$ (Buah/hari)
- Durasi Pekerjaan Pembesian $= \frac{Volume}{Produktivitas} = \frac{12}{8} = 3$ (Hari)

Pekerjaan *erection* PCI *girder* jembatan pada STA 42+425 dilakukan dengan menggunakan *Crane Service* 150 Ton dan *Truck Boggie*. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian tertinggi berasal dari *Truck Boggie* sebesar 11 buah/hari, sedangkan produktivitas *Crane Service* 150 Ton adalah 8 buah/hari yang digunakan sebagai acuan perhitungan durasi. Dengan total pekerjaan sebanyak 12 buah, diperoleh durasi pekerjaan selama 3 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan *erection* PCI *girder* dapat diselesaikan dalam waktu yang efisien sesuai kapasitas alat yang tersedia.

B. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan *Erection PCI Girder* Jembatan

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan erection PCI girder jembatan pada STA 43+425 melibatkan 5 orang tenaga kerja serta 2 jenis alat, yaitu 2 unit crawler crane dan 2 unit *Truck Boggie*. Dengan volume pekerjaan sebesar 12 buah PCI GIRDER dan durasi pelaksanaan selama 2 hari, total biaya pekerjaan yang dihitung mencapai Rp2.128.281.392. Biaya terbesar berasal dari penggunaan alat, terutama crawler crane dan *Truck Boggie*, menunjukkan bahwa pekerjaan ini sangat bergantung pada peralatan dibandingkan dengan tenaga kerja manual.

Tabel 4. 95 RAP Pekerjaan *Erection PCI Girder* Jembatan

PEKERJAAN JEMBATAN 43+425											
Pekerjaan Girder & Bearing Pad Pemasangan Girder A1											
No.	Uraian	sat	Koef	Prod	Max Manpower	Jumlah Pekerja	Total Produktivitas	Durasi	Harga Satuan (Rp)		Jumlah Harga (Rp)
1	Tenaga Kerja					5	8	2			
2	Volume	buah	12,00								
A	Upah										
	Mandor	OH	0,04	25	1	1	25	2	Rp 147.000	Rp	294.000
	Pekerja	OH	0,4	2,5	10	4	10	2	Rp 104.999	Rp	839.992
								JUMLAH UPAH PEKERJA		Rp	1.133.992
B	Bahan/Material										
	PCI Girder								170.046.450,00	Rp	2.040.557.400
								JUMLAH TENAGA BAHAN		Rp	2.040.557.400
C.	Peralatan										
	CRAWLER CRANE 100 TON	Jam	1,726907631	1		1	8		Rp 1.661.200	Rp	46.513.600
	TRUCK BOOGIE	Jam	0,642570281	2		1	11		Rp 2.862.600	Rp	40.076.400
								JUMLAH TENAGA ALAT		Rp	86.590.000
D.	Jumlah (A+B+C)									Rp	2.128.281.392
E.	Overhead + Profit 10 %									Rp	212.828.139
F.	Harga Pekerjaan (D+E)									Rp	2.341.109.531
G.	Harga Satuan									Rp	316.259

Tabel 4.95 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) Pekerjaan *Erection PCI Girder* Jembatan. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.3.26 Pekerjaan Pembesian Diafragma Jembatan

Pekerjaan pembesian diafragma jembatan diukur berdasarkan jumlah dan berat tulangan baja yang berhasil dipasang dalam satuan waktu tertentu. Evaluasi ini mencakup penggunaan tenaga kerja, material, serta metode yang digunakan dalam pemasangan tulangan pada struktur diafragma jembatan, dengan tujuan untuk mendukung kelancaran pelaksanaan proyek jembatan. Alat yang digunakan *Bar Cutter, Bar Bender* dan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar PERMENPUPR NO. 1 Tahun 2022.

a. *Bar Bender*

- Kapasitas Produksivitas (Q1) $=\frac{1}{0,04} \times 100$
  $=2500$ (Kg/Jam)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q1}\right)$ $= 0,0004$ (Hari)

b. *Bar Cutter*

- Kapasitas Produksivitas (Q2) $=\frac{1}{0,04} \times 100$
  $=2500$ (Kg/Jam)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q2}\right)$ $= 0,0004$ (Hari)

A. Durasi Pekerjaan Pembesian *Diafragma* Jembatan STA 43+425

- Produktivitas *Bar Bender*/hari $= \text{Q1} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 2500 \times 1 \times 7$
  $= 17500$ (kg/hari)
- Produktivitas *Bar Cutter*/hari $= \text{Q2} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 2500 \times 1 \times 7$
  $= 17500$ (kg/hari)
- Durasi Pekerjaan Pembesian $= \frac{Volume}{Produktivitas}$ $= \frac{43066,38}{17500}$
  $= 3$ (Hari)

Pekerjaan pembesian pada diaphragm jembatan di STA 43+425 dihitung berdasarkan waktu yang dibutuhkan untuk pemasangan besi tulangan pada struktur diaphragm. Evaluasi ini mencakup penggunaan alat, seperti *Bar Bender* dan *Bar Cutter*, serta produktivitas yang tercapai dalam pelaksanaan pekerjaan. Berdasarkan perhitungan, durasi pekerjaan pembesian diperkirakan selama 3 hari, dengan volume pekerjaan mencapai 43.066,38 kg dan produktivitas

harian sebesar 17.500 kg/hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan pembesian dapat diselesaikan dalam waktu yang efisien sesuai kapasitas alat dan tenaga kerja yang tersedia.

B. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Pembesian *Diafragma* Jembatan

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan pembesian diaphragm pada STA 43+425 melibatkan 16 orang tenaga kerja serta 2 jenis alat, yaitu *Bar Cutter* dan *Bar Bender*. Dengan volume pekerjaan sebesar 43.066,38 kg dan durasi pelaksanaan selama 3 hari, total biaya pekerjaan yang dihitung mencapai Rp 499.580.857. Biaya terbesar berasal dari penggunaan tenaga kerja dan material, menunjukkan bahwa pekerjaan ini sangat bergantung pada tenaga kerja dan bahan dibandingkan peralatan.

Tabel 4. 96 RAP Pekerjaan Pembesian *Diafragma* Jembatan

PEKERJAAN JEMBATAN											
Pekerjaan Diafragma Pembesian Diafragma											
No.	**Uraian**	**sat**	**Koef**	**Prod**	**Max Manpower**	**Jumlah Pekerja**	**Total Produktivitas**	**Durasi**	**Harga Satuan (Rp)**		**Jumlah Harga (Rp)**
1	**Tenaga Kerja**					16	17500	3			
2	**Volume**	kg	43066,38								
A	**Upah**										
	Mandor	OH	0,00016	6250	1	1	6250	3	Rp 147.000	Rp	441.000
	Tukang Besi	OH	0,0008	1250	5	5	6250	3	Rp 127.498	Rp	1.912.470
	Pekerja	OH	0,0016	625	10	10	6250	3	Rp 104.999	Rp	3.149.970
								JUMLAH UPAH PEKERJA		**Rp**	**5.503.440**
B	**Bahan/Material**										
	Besi Ulir/Besi Polos		1,05						10.560,00	Rp	477.520.021
	Kawat Pengikat		0,015						24.350,00	Rp	15.729.995
								JUMLAH TENAGA BAHAN		**Rp**	**493.250.017**
C.	**Peralatan**										
	Bar Cutter	Jam	0,0004	2500		1	17500		Rp 19.700	Rp	413.700
	Bar Bender	Jam	0,0004	2500		1	17500		Rp 19.700	Rp	413.700
								JUMLAH TENAGA ALAT		**Rp**	**827.400**
D.	**Jumlah (A+B+C)**									**Rp**	**499.580.857**
E.	**Overhead + Profit**	**10 %**								**Rp**	**49.958.086**
F.	**Harga Pekerjaan (D+E)**									**Rp**	**549.538.942**

Tabel 4.96 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) Pekerjaan Pembesian *Diafragma* Jembatan. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.3.27 Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Diafragma* Jembatan

Pekerjaan Pemasangan Bekisting *diafragma* jembatan diukur berdasarkan waktu yang dibutuhkan untuk pemasangan bekisting pada struktur diafragma. Evaluasi ini mencakup penggunaan tenaga kerja, material, serta peralatan yang terlibat dalam proses pemasangan bekisting, dengan tujuan untuk mendukung kelancaran pelaksanaan pekerjaan pada proyek jembatan. Alat yang digunakan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar Cipta Karya dan Perumahan Lampiran IV.

Tabel 4. 97 Pekerja pada Pekerjaan Pemasangan Bekisting Diafragma Jembatan

No.	**Uraian**	**sat**	**Koef**	**Prod**	**Max Manpower**	**Jumlah Pekerja**	**Total Produktivitas**
1	**Tenaga Kerja**					16	60,60606061

	Mandor	OH	0,033	30,30303	1	1	30,3030303
	Tukang Kayu	OH	0,33	3,030303	10	5	15,15151515
	Pekerja	OH	0,66	1,5151515	20	10	15,15151515

A. Durasi Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Diafragma* Jembatan STA 43+425

- Durasi Pekerjaan Pemasangan Bekisting $= \frac{Volume}{Produktivitas}$ $= \frac{90,96}{196,969697}$ $= 2$ (Hari)

Pekerjaan pembesian *diafragma* jembatan pada STA 43+425 dihitung berdasarkan waktu yang dibutuhkan untuk pemasangan bekisting. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian untuk pembesian adalah 196,97 kg/hari, yang digunakan sebagai acuan perhitungan durasi. Dengan volume pekerjaan sebesar 90,96 kg, diperoleh durasi pekerjaan selama 2 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan pembesian dapat diselesaikan dalam waktu yang efisien sesuai kapasitas tenaga kerja yang tersedia.

B. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Beksiting *Diafragma* Jembatan

Rencana anggaran pelaksanaan Pekerjaan Pemasangan Bekisting *diafragma* pada STA 43+425 melibatkan 16 orang tenaga kerja. Dengan volume pekerjaan sebesar 90,96 m³ dan durasi pelaksanaan selama 2 hari, total biaya pekerjaan yang dihitung mencapai Rp 5.705.702. Biaya terbesar berasal dari penggunaan tenaga kerja dan material, menunjukkan bahwa pekerjaan ini sangat bergantung pada tenaga kerja dan bahan dibandingkan peralatan.

Tabel 4. 98 Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Beksting *Diafragma* Jembatan

					PEKERJAAN JEMBATAN		43+425			
		Pekerjaan Diafragma			Pemasangan Bekisting		A1			
No.	Uraian	sat	Koef	Prod	Max Manpower	Jumlah Pekerja	Total Produktivitas	Durasi	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	**Tenaga Kerja**					16	60,60606061	2		
2	**Volume**	m^3	90,96							
A	**Upah**									
	Mandor	OH	0,033	30,30303	1	1	30,3030303	2	Rp 147.000	Rp 294.000
	Tukang Kayu	OH	0,33	3,030303	10	5	15,15151515	2	Rp 127.498	Rp 1.274.980
	Pekerja	OH	0,66	1,5151515	20	10	15,15151515	2	Rp 104.999	Rp 2.099.980
								JUMLAH UPAH PEKERJA		**Rp 3.668.960**
B	**Bahan/Material**									
	Plywood tebal 12 mm	lembar	0,127						82.500,00	Rp 953.033
	Paku	kg	0,4						21.000,00	Rp 764.064
	Balok Kayu Kelas 2	m3	0,00465						12.500,00	Rp 5.287
	Minyak	Ltr	0,15						23.040,00	Rp 314.358
								JUMLAH TENAGA BAHAN		**Rp 2.036.742**
C.	**Peralatan**									
										Rp -
										Rp -
								JUMLAH TENAGA ALAT		**Rp -**
D.	**Jumlah (A+B+C)**									**Rp 5.705.702**
E.	**Overhead + Profit**	**10 %**								**Rp 570.570**
F.	**Harga Pekerjaan (D+E)**									**Rp 6.276.272**

Tabel 4.98 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) Pekerjaan Beksting *Diafragma* Jembatan. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.3.28 Pekerjaan Pengecoran *Diafragma* Jembatan

Pekerjaan pengecoran *diafragma* jembatan diukur berdasarkan volume beton yang berhasil dicor dalam satuan waktu tertentu. Evaluasi ini mencakup penggunaan tenaga kerja, material, serta peralatan yang terlibat dalam proses pengcoran, dengan tujuan untuk meningkatkan pelaksanaan pekerjaan secara efektif pada proyek jembatan. Alat yang digunakan *Concrete Pump,Concrete Vibrator* dan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar PERMENPUPR NO. 1 Tahun 2022.

a. *Concrete Pump*

- Kapasitas Alat (V) $= 80$ (m^3)
- Faktor Efisiensi Alat (Fa) $= 0{,}83$
- Setting Boom (T1) $= 10$ (menit)
- Memompa (T2) $= 40$ (menit)
- Mengatur Boom saat Pengecoran (T3) $= 5$ (menit)
- Menunggu (Pergantian Truck Mixer) (T4) $= 5$ (menit)
- Waktu Siklus ($T1 + T2 + T3 + T4$) (Ts) $= 10 + 40 + 5 + 5$
  $= 60$ (menit)
- Kapasitas Produktivitas $\left(\frac{v \times Fa \times 60}{Ts}\right)$ (Q1) $= \frac{80 \times 0{,}83 \times 60}{60}$
  $= 66{,}4000$ (m^3/Jam)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q1}\right)$ $= 0{,}0151$ (Jam)

e. *Concrete Vibrator*

- Kapasitas Pemadatan (V) $=3$ (m^3)
- Faktor Efisiensi Alat (Fa) $= 0{,}83$
- Kapasitas Produktivitas $v \times Fa$ (Q1) $= 3 \times 0{,}83$
  $= 2{,}49$ (m^3/Jam)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q1}\right)$ $= 0{,}4016$ (Jam)

A. Durasi Pekerjaan Pengecoran *Diafragma* Jembatan STA 42+425

- Produktivitas *Concrete Pump* /hari $= Q1 \times$ Jumlah Alat $\times$ Tk $= 66{,}4 \times 1 \times 7$
  $= 464{,}8$ (m^3/hari)
- Produktivitas *Concrete Vibrator*/hari $= Q2 \times$ Jumlah Alat $\times$ Tk $= 2{,}49 \times 5 \times 7$
  $= 87{,}15$ (m^3/hari)

- Durasi Pekerjaan Pembesian $= \frac{Volume}{Produktivitas} = \frac{34{,}17}{464{,}8}$

$= 1$ (Hari)

Pekerjaan pengecoran *diafragma* jembatan pada STA 42+425 dilakukan dengan menggunakan *Concrete Pump* dan *Concrete Vibrator*. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian tertinggi berasal dari *Concrete Pump* sebesar 464,8 m³/hari, sedangkan produktivitas terendah adalah *Concrete Vibrator* sebesar 87,15 m³/hari yang digunakan sebagai acuan perhitungan durasi. Dengan volume pekerjaan sebesar 34,17 m³, diperoleh durasi pekerjaan selama 1 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan pengecoran dapat diselesaikan dalam waktu yang efisien sesuai kapasitas alat yang tersedia.

B. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Pengecoran *Diafragma* Jembatan

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan pengecoran *diafragma* jembatan pada STA 43+425 melibatkan 21 orang tenaga kerja serta 2 jenis alat, yaitu 1 unit *Concrete Pump* dan 5 unit *Concrete Vibrator*. Dengan volume pekerjaan sebesar 34,17 m³ dan durasi pelaksanaan selama 1 hari, total biaya pekerjaan yang dihitung mencapai Rp55.540.886 Biaya terbesar berasal dari penggunaan alat berat, terutama *Concrete Pump* dan *Concrete Vibrator*, menunjukkan bahwa pekerjaan ini sangat bergantung pada efisiensi peralatan dibandingkan tenaga kerja manual.

Tabel 4. 99 RAP Pekerjaan Pengecoran Diafragma Jembatan

		PEKERJAAN JEMBATAN				43+425				
		Pekerjaan Diafragma			Pengecoran		A1			
No.	Uraian	sat	Koef	Prod	Max Manpower	Jumlah Pekerja	Total Produktivitas	Durasi	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	Tenaga Kerja					21	464,8	1		
2	Volume	m^3	34,17							
A	Upah									
	Mandor	OH	0,04	25	1	11	275	1	Rp 147.000	Rp 1.617.000
	Tukang	OH	0,1	10	10	10	100	1	Rp 104.999	Rp 1.049.990
								JUMLAH UPAH PEKERJA		Rp 2.666.990
B	Bahan/Material									
	Beton readymix kelas B		1,02						940.000,00	Rp 32.762.196
								JUMLAH TENAGA BAHAN		Rp 32.762.196
C.	Peralatan									
	CONCRETE PUMP	Jam	0,015060241	66,4		1	464,8		Rp 1.767.100	Rp 12.369.700
	CONCRETE VIBRATOR	Jam	0,401606426	2,49		5	87,15		Rp 221.200	Rp 7.742.000
								JUMLAH TENAGA ALAT		Rp 20.111.700
D.	Jumlah (A+B+C)									Rp 55.540.886
E.	Overhead + Profit	10 %								Rp 5.554.089
F.	Harga Pekerjaan (D+E)									Rp 61.094.975

Tabel 4.99 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) Pekerjaan Pengecoran Diafragma Jembatan. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.3.29 Pekerjaan Bongkar Bekisting *Diafragma* Jembatan

Pekerjaan bongkar bekisting *diafragma* jembatan diukur berdasarkan waktu yang diperlukan untuk melepas bekisting setelah proses pengcoran selesai. Evaluasi ini mencakup tenaga kerja dan peralatan yang digunakan dalam proses pembongkaran, serta dampaknya terhadap kelancaran jadwal dan kualitas pekerjaan pada proyek jembatan. Alat yang digunakan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar Cipta Karya dan Perumahan Lampiran IV.

Tabel 4. 100 Pekerja pada Pekerjaan Bongkar Bekisting Diafragma Jembatan

No.	Uraian	sat	Koef	Prod	Max	Jumlah	Total
					Manpower	Pekerja	Produktivitas
1	**Tenaga Kerja**					6	100
	Mandor	OH	0,006	166,66667	1	0	0
	Pekerja	OH	0,06	16,666667	10	6	100

A. Durasi Pekerjaan Pembongkaran Bekisting *Diafragma* Jembatan STA 42+425

- Durasi Pekerjaan Pembongkaran Bekisting $= \frac{Volume}{Produktivitas}$ $= \frac{90{,}96}{100}$

  $= 1$ (Hari)

Pekerjaan pembongkaran bekisting *diafragma* jembatan pada STA 42+425 dihitung berdasarkan waktu yang dibutuhkan untuk pembongkaran bekisting pada struktur diaphragm. Berdasarkan perhitungan, dengan volume pekerjaan sebesar 90,96 m³ dan produktivitas harian sebesar 100 m³/hari, diperoleh durasi pekerjaan selama 1 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan pembongkaran bekisting dapat diselesaikan dalam waktu yang efisien sesuai kapasitas tenaga kerja dan peralatan yang tersedia.

B. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Pembongkaran Bekisting *Diafragma* Jembatan

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan pembongkaran bekisting *diafragma* jembatan pada STA 42+425 melibatkan 6 orang tenaga kerja. Dengan volume pekerjaan sebesar 90,96 m³ dan durasi pelaksanaan selama 1 hari, total biaya pekerjaan yang dihitung mencapai Rp629.994. Biaya terbesar berasal dari penggunaan tenaga kerja, menunjukkan bahwa pekerjaan ini sangat bergantung pada kapasitas tenaga kerja dalam menyelesaikan pekerjaan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan.

Tabel 4. 101 RAP Pekerjaan Pembongkaran Bekisting *Diafragma* Jembatan

PEKERJAAN JEMBATAN 43+425										
Pekerjaan Diafragma Pembongkaran Bekisting A1										
No.	**Uraian**	**sat**	**Koef**	**Prod**	**Max Manpower**	**Jumlah Pekerja**	**Total Produktivitas**	**Durasi**	**Harga Satuan (Rp)**	**Jumlah Harga (Rp)**
1	**Tenaga Kerja**					6	100	1		
2	**Volume**	m^3	90,96							
A	**Upah**									
	Mandor	OH	0,006	166,66667	1	0	0	1	Rp 147.000	Rp -
	Pekerja	OH	0,06	16,666667	10	6	100	1	Rp 104.999	Rp 629.994
								JUMLAH UPAH PEKERJA		**Rp 629.994**
B	**Bahan/Material**									
										Rp -
								JUMLAH TENAGA BAHAN		**Rp -**
C.	**Peralatan**									
								JUMLAH TENAGA ALAT		**Rp -**
D.	**Jumlah (A+B+C)**									**Rp 629.994**
E.	**Overhead + Profit** 10 %									**Rp 62.999**
F.	**Harga Pekerjaan (D+E)**									**Rp 692.993**

Tabel 4.101 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) Pekerjaan Pembongkaran Bekisting *Diafragma* Jembatan. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.3.30 Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Slab* Jembatan

Pekerjaan Pemasangan Bekisting *slab* jembatan diukur berdasarkan waktu yang dibutuhkan untuk pemasangan bekisting pada struktur *slab*. Evaluasi ini mencakup penggunaan tenaga kerja, material, serta peralatan yang terlibat dalam proses pemasangan bekisting, dengan tujuan untuk mendukung kelancaran pelaksanaan pekerjaan pada proyek jembatan. Alat yang digunakan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar Cipta Karya dan Perumahan Lampiran IV.

Tabel 4. 102 Pekerja pada Pekerjaan Pemasangan Bekisting Slab Jembatan

No.	**Uraian**	**sat**	**Koef**	**Prod**	**Max Manpower**	**Jumlah Pekerja**	**Total Produktivitas**
1	**Tenaga Kerja**					31	90,90909091
	Mandor	OH	0,033	30,30303	1	1	30,3030303
	Tukang	OH	0,33	3,030303	10	10	30,3030303
	Pekerja	OH	0,66	1,5151515	20	20	30,3030303

A. Durasi Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Slab* Jembatan STA 43+425

- Durasi Pekerjaan Pemasangan Bekisting $= \frac{Volume}{Produktivitas} = \frac{315,84}{90,90}$

$= 4$ (Hari)

Pekerjaan Pemasangan Bekisting *slab* jembatan pada STA 43+425 dihitung berdasarkan waktu yang dibutuhkan untuk pemasangan bekisting pada struktur slab.

Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian untuk Pekerjaan Pemasangan Bekisting adalah 90,90 m³/hari. Dengan volume pekerjaan sebesar 315,84 m³, diperoleh durasi pekerjaan selama 4 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa Pekerjaan Pemasangan Bekisting slab dapat diselesaikan dalam waktu yang sesuai dengan kapasitas tenaga kerja yang tersedia.

B. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Slab* Jembatan

Rencana anggaran pelaksanaan Pekerjaan Pemasangan Bekisting pada bagian *Slab* Jembatan STA 43+425 melibatkan 31 orang tenaga kerja dengan volume pekerjaan sebesar 315,84 m³ dan durasi pelaksanaan selama 4 hari. Berdasarkan hasil perhitungan, total biaya komponen utama yang terdiri dari tenaga kerja, bahan/material, dan peralatan adalah sebesar Rp 23.834.978. Sebagian besar biaya dialokasikan untuk upah pekerja dan pengadaan material seperti bekisting bondex. Pekerjaan ini memerlukan sumber daya yang cukup untuk mendukung proses konstruksi secara optimal.

Tabel 4. 103 RAP Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Slab* Jembatan

		PEKERJAAN JEMBATAN					43+425				
		Pekerjaan Slab			Pemasangan Bekisting		A1				
No.	Uraian	sat	Koef	Prod	Max Manpower	Jumlah Pekerja	Total Produktivitas	Durasi	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)	
1	Tenaga Kerja					31	90,90909091	4			
2	Volume	m^3	315,84								
A	Upah										
	Mandor	OH	0,033	30,30303	1	1	30,3030303	4	Rp 147.000	Rp	588.000
	Tukang	OH	0,33	3,030303	10	10	30,3030303	4	Rp 127.498	Rp	5.099.920
	Pekerja	OH	0,66	1,5151515	20	20	30,3030303	4	Rp 104.999	Rp	8.399.920
								JUMLAH UPAH PEKERJA		Rp	14.087.840
B	Bahan/Material										
	Bekisiting Bondex	lembar	0,127	223					243.000,00	Rp	9.747.138
								JUMLAH TENAGA BAHAN		Rp	9.747.138
C.	Peralatan										
								JUMLAH TENAGA ALAT		Rp	-
D.	Jumlah (A+B+C)									Rp	23.834.978
E.	Overhead + Profit	10 %								Rp	2.383.498
F.	Harga Pekerjaan (D+E)									Rp	26.218.476

Tabel 4.103 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) Pekerjaan Pemasangan Bekisting *Slab* Jembatan. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.3.31 Pekerjaan Pembesian *Slab* Jembatan

Pekerjaan pembesian *slab* jembatan diukur berdasarkan jumlah dan berat tulangan baja yang berhasil dipasang dalam satuan waktu tertentu. Evaluasi ini mencakup penggunaan tenaga kerja, material, serta metode yang diterapkan dalam pemasangan tulangan pada struktur slab jembatan, dengan tujuan untuk mendukung kelancaran pelaksanaan proyek jembatan. Alat yang digunakan *Bar Cutter, Bar Bender* dan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar PERMENPUPR NO. 1 Tahun 2022.

a. *Bar Bender*

- Kapasitas Produksivitas (Q1) $=\frac{1}{0,04} \times 100$
  $=2500$ (Kg/Jam)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q1}\right)$ $= 0,0004$ (Hari)

b. *Bar Cutter*

- Kapasitas Produksivitas (Q2) $=\frac{1}{0,04} \times 100$
  $=2500$ (Kg/Jam)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q2}\right)$ $= 0,0004$ (Hari)

A. Durasi Pekerjaan Pembesian *Diafragma* Jembatan STA 43+425

- Produktivitas *Bar Bender*/hari $= \text{Q1} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 2500 \times 1 \times 7$
  $= 17500$ (kg/hari)
- Produktivitas *Bar Cutter*/hari $= \text{Q2} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 2500 \times 1 \times 7$
  $= 17500$ (kg/hari)
- Durasi Pekerjaan Pembesian $= \frac{Volume}{Produktivitas}$ $= \frac{35028,18}{17500}$
  $= 3$ (Hari)

Pekerjaan pembesian *diafragma* pada jembatan STA 43+425 dilakukan dengan menggunakan *Bar Bender* dan *Bar Cutter*. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian tertinggi berasal dari *Bar Bender* sebesar 17.500 kg/hari, sedangkan produktivitas terendah adalah *Bar Cutter* dengan hasil yang sama sebesar 17.500 kg/hari, yang digunakan sebagai acuan perhitungan durasi. Dengan total volume pekerjaan sebesar 35.028,18 kg, diperoleh durasi pekerjaan selama 3 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan pembesian dapat diselesaikan dalam waktu yang efisien sesuai kapasitas alat yang tersedia.

B. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Pembesian *Diafragma* Jembatan

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan pembesian *diafragma* pada STA 43+425 melibatkan 16 orang tenaga kerja, dengan 3 jenis alat yang digunakan, yaitu *Bar Cutter* dan *Bar Bender*. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian masing-masing alat adalah 17.500 kg/hari, dengan durasi pelaksanaan pekerjaan selama 3 hari. Total biaya pekerjaan untuk pembesian ini mencapai Rp 407.517.343, yang meliputi biaya tenaga kerja, bahan, dan peralatan. Biaya terbesar berasal dari penggunaan tenaga kerja dan bahan, serta pengadaan alat yang menunjukkan bahwa pekerjaan pembesian ini bergantung pada tenaga kerja dan material yang ada.

Tabel 4. 104 RAP Pekerjaan Pembesian Diafragma Jembatan

PEKERJAAN JEMBATAN											
		Pekerjaan Slab			Pembesian Slab						
No.	**Uraian**	**sat**	**Koef**	**Prod**	**Max Manpower**	**Jumlah Pekerja**	**Total Produktivitas**	**Durasi**	**Harga Satuan (Rp)**	**Jumlah Harga (Rp)**	
1	**Tenaga Kerja**					16	17500	3			
2	**Volume**	kg	35028,18								
A	**Upah**										
	Mandor	OH	0,00016	6250	1	1	6250	3	Rp 147.000	Rp	441.000
	Tukang Besi	OH	0,0008	1250	5	5	6250	3	Rp 127.498	Rp	1.912.470
	Pekerja	OH	0,0016	625	10	10	6250	3	Rp 104.999	Rp	3.149.970
								JUMLAH UPAH PEKERJA		**Rp**	**5.503.440**
B	**Bahan/Material**										
	Besi Ulir/Besi Polos		1,05						10.560,00	Rp	388.392.460
	Kawat Pengikat		0,015						24.350,00	Rp	12.794.043
								JUMLAH TENAGA BAHAN		**Rp**	**401.186.503**
C.	**Peralatan**										
	Bar Cutter	Jam	0,0004	2500		1	17500		Rp 19.700	Rp	413.700
	Bar Bender	Jam	0,0004	2500		1	17500		Rp 19.700	Rp	413.700
								JUMLAH TENAGA ALAT		**Rp**	**827.400**
D.	**Jumlah (A+B+C)**									**Rp**	**407.517.343**
E.	**Overhead + Profit**	**10 %**								**Rp**	**40.751.734**
F.	**Harga Pekerjaan (D+E)**									**Rp**	**448.269.077**

Tabel 4.104 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) Pekerjaan Pembesian Diafragma Jembatan. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.3.32 Pekerjaan Pengcoran *Slab* Jembatan

Pekerjaan pengecoran *slab* jembatan diukur berdasarkan volume beton yang berhasil dicor dalam satuan waktu tertentu. Evaluasi ini mencakup penggunaan tenaga kerja, material, serta peralatan yang terlibat dalam proses pengcoran, dengan tujuan untuk meningkatkan kelancaran dan efektivitas pelaksanaan pekerjaan pada proyek jembatan. Alat yang digunakan *Concrete Pump,Concrete Vibrator* dan pekerja yang mengacu pada analisa harga satuan dasar PERMENPUPR NO. 1 Tahun 2022.

a. *Concrete Pump*

- Kapasitas Alat (V) $= 80\ (m^3)$
- Faktor Efisiensi Alat (Fa) $= 0{,}83$
- Setting Boom (T1) $= 10\ (menit)$
- Memompa (T2) $= 40\ (menit)$
- Mengatur Boom saat Pengecoran (T3) $= 5\ (menit)$
- Menunggu (Pergantian Truck Mixer) (T4) $= 5\ (menit)$
- Waktu Siklus (T1 + T2 + T3 + T4) (Ts) $= 10 + 40 + 5 + 5$
  $= 60\ (menit)$
- Kapasitas Produktivitas $\left(\frac{v \times Fa \times 60}{Ts}\right)$ (Q1) $= \frac{80 \times 0{,}83 \times 60}{60}$
  $= 66{,}4000\ (m^3/Jam)$

- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q1}\right)$ $= 0{,}0151$ (Jam)

b. *Concrete Vibrator*

- Kapasitas Pemadatan (V) =3 (m^3)
- Faktor Efisiensi Alat (Fa) = 0,83
- Kapasitas Produktivitas v × Fa (Q1) $= 3 \times 0{,}83$
  $= 2{,}49$ (m^3/Jam)
- Koefisien alat $\left({}^{1}/_{Q1}\right)$ $= 0{,}4016$ (Jam)

A. Durasi Pekerjaan Pengecoran *Slab* Jembatan STA 42+425

a. Produktivitas *Concrete Pump* /hari $= \text{Q1} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 66{,}4 \times 1 \times 7$
$= 464{,}8$ (m^3/hari)

b. Produktivitas *Concrete Vibrator*/hari $= \text{Q2} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Tk}$ $= 2{,}49 \times 5 \times 7$
$= 87{,}15$ (m^3/hari)

c. Durasi Pekerjaan Pembesian $= \frac{Volume}{Produktivitas}$ $= \frac{168{,}21}{464{,}8}$
$= 1$ (Hari)

Pekerjaan pengecoran *slab* jembatan pada STA 42+425 dilakukan dengan menggunakan *Concrete Pump* dan *Concrete Vibrator*. Berdasarkan perhitungan, produktivitas harian tertinggi berasal dari *Concrete Pump* sebesar 464,8 m³/hari, sedangkan produktivitas terendah adalah *Concrete Vibrator* sebesar 87,15 m³/hari yang digunakan sebagai acuan perhitungan durasi. Dengan total volume pekerjaan sebesar 168,21 m³, diperoleh durasi pekerjaan selama 1 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan pengecoran dapat diselesaikan dalam waktu yang efisien sesuai kapasitas alat yang tersedia.

B. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pekerjaan Pengecoran *Slab* Jembatan

Rencana anggaran pelaksanaan pekerjaan pengecoran *slab* jembatan pada STA 43+425 melibatkan 16 orang tenaga kerja dan penggunaan dua jenis alat, yaitu 1 unit *Concrete Pump* dan 5 unit *Concrete Vibrator*. Dengan volume pekerjaan sebanyak 168,21 m³ dan durasi pelaksanaan pekerjaan selama 1 hari, total biaya pekerjaan yang dihitung mencapai Rp 182.590.356. Biaya terbesar berasal dari penggunaan alat berat, yang menunjukkan bahwa pekerjaan ini sangat bergantung pada peralatan dibandingkan tenaga kerja manual.

Tabel 4. 105 RAP Pekerjaan Pengecoran Slab Jembatan

		PEKERJAAN JEMBATAN				43+425					
		Pekerjaan Slab			Pengecoran		A1				
No.	Uraian	sat	Koef	Prod	Max Manpower	Jumlah Pekerja	Total Produktivitas	Durasi	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)	
1	Tenaga Kerja					11	464,8	1			
2	Volume	m^3	168,21								
A	Upah										
	Mandor	OH	0,04	25	1	1	25	1	Rp 147.000	Rp	147.000
	Tukang	OH	0,1	10	10	10	100	1	Rp 104.999	Rp	1.049.990
								JUMLAH UPAH PEKERJA		Rp	1.196.990
B	Bahan/Material										
	Beton readymix kelas B		1,02						940.000,00	Rp	161.281.666
								JUMLAH TENAGA BAHAN		Rp	161.281.666
C.	Peralatan										
	CONCRETE PUMP	Jam	0,401606426	66,4		1	464,8		Rp 1.767.100	Rp	12.369.700
	CONCRETE VIBRATOR	Jam	0,401606426	2,49		5	87,15		Rp 221.200	Rp	7.742.000
								JUMLAH TENAGA ALAT		Rp	20.111.700
D.	Jumlah (A+B+C)									Rp	182.590.356
E.	Overhead + Profit	10 %								Rp	18.259.036
F.	Harga Pekerjaan (D+E)									Rp	200.849.391

Tabel 4.105 menunjukkan rincian Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) Pekerjaan Pengecoran Slab Jembatan. Tabel ini mencakup penghitungan untuk tenaga kerja, material, dan peralatan yang dibutuhkan.

4.6.4 Biaya Sewa Scaffolding

Tabel 4. 106 Sepsifikasi Scaffolding

Spesifikasi Scaffolding		
Tipe Scaffolding	=	Modular Scaffolding Sistem Knockdown.
1 Set Scaffolding	=	2 Main Frame
		2 Cross Brace
		4 Join Pin
Ukuran 1 Set Scaffolding	=	1,9 meter

Scaffolding 1

Penggunaan = Scaffolding BUP STA 32+000 - 33+500 (1.500 M)

Total Siklus Pengulangan = 4 Siklus

Scaffolding 2

Penggunaan = Scaffolding BUP STA 33+500 - 36+300 (2.800 M)

Total Siklus Pengulangan = 2 Silklus

Scaffolding 3

Mulai Penggunaan = Scaffolding BUP STA 43+000 - 43+475 (475 M)

Total Siklus Pengulangan = 2 Siklus

Scaffolding 4

Mulai Penggunaan = Scaffolding Jembatan STA 44+300 - 44+500 (200 M)

Total Siklus Pengulangan = 1 Siklus

Scaffolding 5

Mulai Penggunaan = Jembatan

Total Siklus Pengulangan = 1 Siklus

Harga Sewa Scaffolding 1

Luas	=	1684,0 m2
Kebutuhan Scaffolding	=	887,0 set
Harga Sewa Scaffolding Per Set	=	Rp35.000
Total Biaya Sewa	=	Rp31.045.000,00 per bulan

Harga Sewa Scaffolding 2

Luas	=	3068,2 m2
Kebutuhan Scaffolding	=	1615,0 set
Harga Sewa Scaffolding Per Set	=	Rp35.000
Total Biaya Sewa	=	Rp56.525.000,00 per bulan

Harga Sewa Scaffolding 3

Luas	=	1581,4 m2
Kebutuhan Scaffolding	=	833,0 set
Harga Sewa Scaffolding Per Set	=	Rp35.000
Total Biaya Sewa	=	Rp29.155.000,00 per bulan

Harga Sewa Scaffolding 4

Luas	=	1401,1 m2
Kebutuhan Scaffolding	=	738,0 set
Harga Sewa Scaffolding Per Set	=	Rp35.000
Total Biaya Sewa	=	Rp25.830.000,00 per bulan

Harga Sewa Scaffolding 5,

Luas	=	3704,9 m2
Kebutuhan Scaffolding	=	1950,0 set
Harga Sewa Scaffolding Per Set	=	Rp35.000
Total Biaya Sewa	=	Rp68.250.000,00 per bulan
Total Biaya Sewa Scaffolding	=	Rp210.805.000,00 Per Bulan
	=	Rp421.610.000,00 2 Bulan

4.7 Penjadwalan

Dari hasil perhitungan produktivitas, akan mendapatkan hasil berupa biaya dan juga durasi yang nanrtinya akan di*input* kedalam *Microsoft Project* dan menghasilkan kurva s. Hasil menunjukkan bahwa durasi total proyek dengan metode konvensional adalah selama 289 hari, sedangkan penjadwalan menggunakan pendekatan BIM menghasilkan durasi proyek selama 284 hari. Hal ini menunjukkan bahwa metode BIM mendapatkan waktu pelaksanaan proyek sebesar 5 hari lebih cepat dibandingkan dengan metode konvensional. Penjadwalan metode konvensional pada Ms Project terlampir pada Lampiran 2 sedangkan penjadwalan metode BIM pada Ms Project terlampir pada Lampiran 3.

4.8 Visualisasi *Naviswork*

Model yang telah dibuat di Civil3d dan Revit divisualisasikan menggunakan Autodesk *Naviswork*s untuk melihat secara menyeluruh bentuk dan koordinasi antar elemen. Proses ini memungkinkan eksplorasi model secara interaktif serta memudahkan identifikasi potensi konflik dan pemahaman urutan konstruksi. Selain itu, *Naviswork*s juga digunakan untuk simulasi waktu pelaksanaan (4D *simulation*) dengan mengintegrasikan jadwal dari Microsoft Project.

1. Pengaturan Koordinat Model

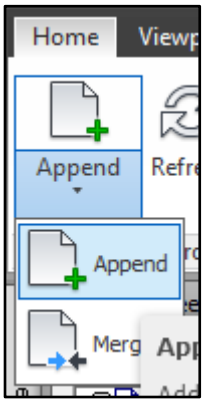
   Untuk memastikan posisi model akurat, dilakukan pengaturan sistem koordinat di Civil 3D Revit agar sesuai dengan referensi topografi atau sistem grid yang digunakan pada proyek

2. *Eksport* Model ke Format NWC

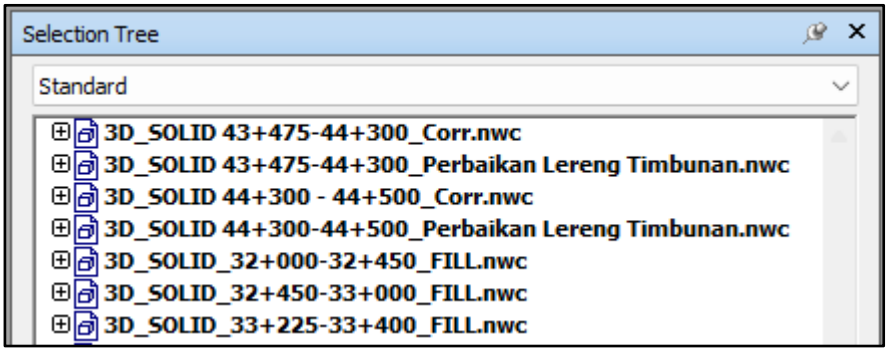
   Setelah model selesai, dilakukan proses *eksport* ke format .nwc melalui plugin *Naviswork*s Exporter yang tersedia di Revit. Format ini memungkinkan model dibaca oleh *Naviswork*s.

3. *Import* Model ke *Naviswork*s

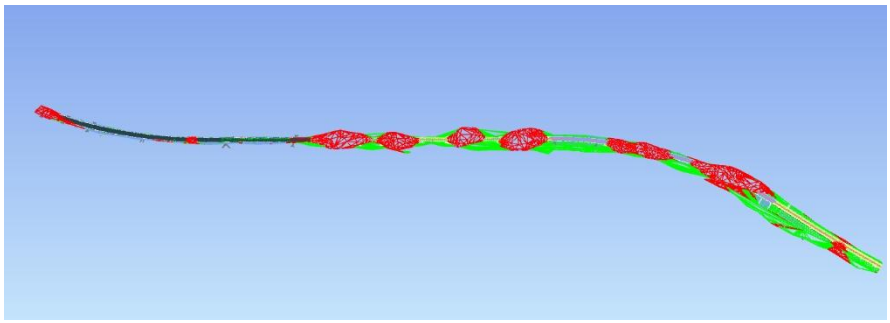
   File .nwc kemudian di-*append* ke dalam Autodesk *Naviswork*s Manage. Proses ini dilakukan untuk menggabungkan satu atau lebih model ke dalam satu tampilan federasi.



Gambar 4. 99 *Append File .nwc*



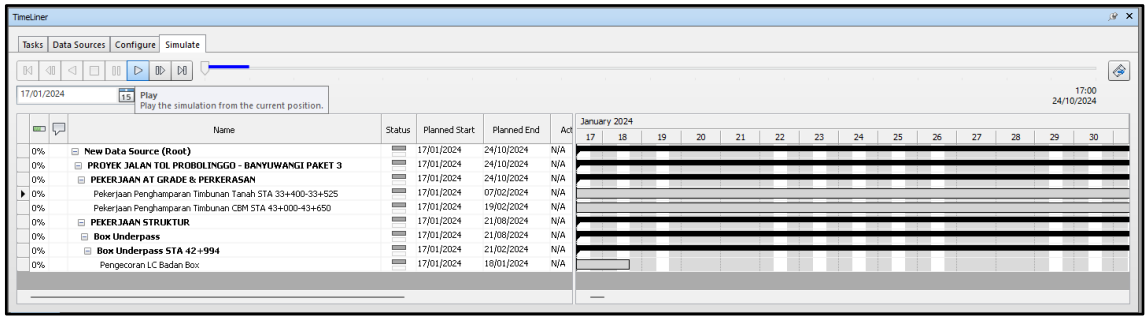
Gambar 4. 100 *Selection Tree Naviswork*



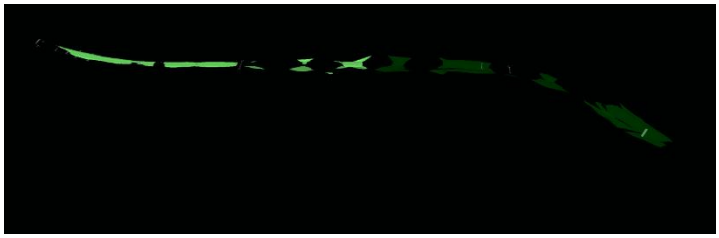
Gambar 4. 101 Hasil *Importt* permodelan di *Naviswork*

4. Simulasi Waktu Pelaksanaan

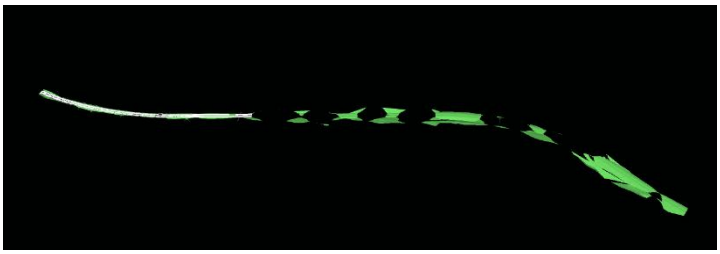
Jika diperlukan, *Navisworks* juga dapat digunakan untuk simulasi urutan pelaksanaan pekerjaan (4D simulation). Data jadwal dari Microsoft Project di*import* melalui fitur Timeliner, kemudian dikaitkan dengan elemen model agar visualisasi pembangunan dapat ditampilkan secara bertahap sesuai jadwal pelaksanaan.



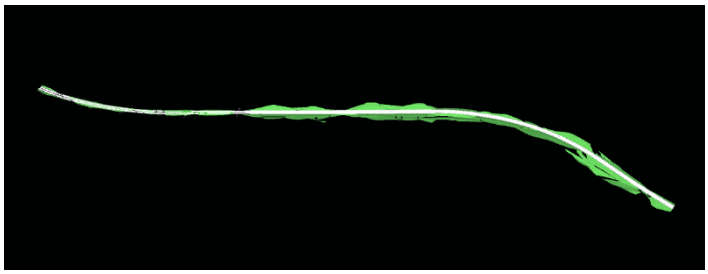
Gambar 4. 102 Time Liner pada Simulasi *Naviswork*



Gambar 4. 103 Progres 3 Bulan



Gambar 4. 104 Progres 6 Bulan



Gambar 4. 105 Progres 9 Bulan

4.9 Hasil Perbandingan Rencana Anggaran Pelaksanaan

Tabel 4.107 menunjukkan perbandingan total Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) antara metode konvensional dan metode *Building Information Modelling* (BIM) pada masing-masing jenis pekerjaan konstruksi. Secara keseluruhan, metode BIM menghasilkan total RAP sebesar Rp 211,538,275,445, sedangkan metode konvensional sebesar Rp 212,012,431,510, dengan selisih sebesar Rp 474,156,065. Untuk rekapitulasi Rencana Anggaran Pelaksanaan terlampir pada Lampiran 5.

Tabel 4. 107 Perbandingan Total RAP Konvensional dan BIM

ITEM	**RAP KONVENSIONAL**	**RAP BIM**	**DEVIASI**
Pembersihan Lahan	Rp 1,979,968,683	Rp 1,979,968,683	0,00%
Galian Tanah	Rp 24,381,973,370	Rp 24,761,956,240	1,56%
Timbunan Tanah	Rp 66,463,368,200	Rp 66,051,143,542	0,62%

ITEM	RAP KONVENSIONAL	RAP BIM	DEVIASI
Capping Layer	Rp 4,780,497,145	Rp 4,780,497,145	0,00%
Drainage Layer	Rp 6,624,000,800	Rp 6,571,373,420	0,79%
Lean Concrete	Rp 11,445,793,900	Rp 11,333,322,854	0,98%
Rigid Pavement	Rp 43,433,720,130	Rp 43,428,428,130	0,01%
Box Culvert	Rp 9,813,609,990	Rp 9,931,063,518	1,20%
Box Underpass	Rp 21,002,425,134	Rp 21,155,961,990	0,73%
Box Pedestrian	Rp 1,659,034,226	Rp 1,660,435,469	0,08%
Jembatan	Rp 19,532,273,867	Rp 19,936,670,519	2,07%
Penyewaan Scaffolding	Rp 421,610,000	Rp 421,610,000	0,00%
Total RAP	Rp 211,538,275,445	Rp 212,012,431,510	0,22%

Hasil penelitian ini menunjukkan nilai RAP metode BIM sebesar Rp 212,012,431,510, lebih mahal dibandingkan metode konvensional sebesar Rp 211,538,275,445. Namun dalam studi ini, terdapat biaya tak langsung yang dianalisis yaitu mencakup biaya investasi untuk alat dan SDM Building Information Modeling (BIM), yang merupakan bagian penting dari sistem manajemen proyek berbasis digital.

Biaya tidak langsung pada metode BIM yang merupakan seluruh pengeluaran yang terkait dengan aktivitas pemodelan dan manajemen informasi bangunan dalam proyek. Pada proyek ini, divisi BIM bertanggung jawab atas permodelan struktur, integrasi data spasial, serta koordinasi antar-disiplin menggunakan perangkat lunak Autodesk Civil 3D, Revit, dan *Naviswork*s.

Estimasi biaya tak langsung pada metode BIM disusun berdasarkan kebutuhan tenaga kerja, perangkat keras, perangkat lunak, layanan pendukung, serta pelatihan sumber daya manusia selama durasi proyek, yaitu selama 289 hari kalender (kurang lebih 9 bulan kerja efektif). Rincian biaya langsung dapat dilihat pada Tabel 4.108 berikut.

Tabel 4. 108 Estimasi Biaya Tidak Langsung Metode BIM

KOMPONEN	JUMLAH/UNIT	HARGA SATUAN (Rp)	SUBTOTAL (Rp)
BIM Manager	1 Orang (9 bulan)	Rp 15.000.000,00	Rp 135.000.000,00
BIM Engineer / Modeler	2 Orang (9 bulan)	Rp 8.000.000,00	Rp 144.000.000,00

KOMPONEN	JUMLAH/UNIT	HARGA SATUAN (Rp)	SUBTOTAL (Rp)
Drafter BIM	1 Orang (9 bulan)	Rp 6.000.000,00	Rp 54.000.000,00
Komputer	3 unit	Rp 25.000.000,00	Rp 75.000.000,00
Monitor	3 unit	Rp 3.000.000,00	Rp 9.000.000,00
Autodesk Civil 3D	1 lisensi (9 bulan)	Rp 5.839.200,00	Rp 52.552.800,00
Autodesk Revit	2 lisensi (9 bulan)	Rp 6.163.600,00	Rp 110.944.800,00
Autodesk *Naviswork*s Manage	1 lisensi (9 bulan)	Rp 2.351.900,00	Rp 21.167.100,00
Autodesk BIM 360	9 bulan	Rp 1.865.300,00	Rp 16.787.700,00
Internet & Operasional BIM	9 bulan	Rp 1.500.000,00	Rp 13.500.000,00
Pelatihan Civil 3D & Revit	3 orang	Rp 5.000.000,00	Rp 15.000.000,00
TOTAL			Rp 646.952.400,00

Dari tabel di atas, dapat diketahui bahwa total estimasi biaya tidak langsung untuk divisi BIM selama pelaksanaan proyek adalah sebesar Rp 646.952.400,00. Biaya ini mencakup seluruh kebutuhan operasional tim BIM selama 9 bulan, termasuk personel inti (BIM Manager, Engineer, dan Drafter), perangkat keras, lisensi perangkat lunak Autodesk, layanan pendukung, dan pelatihan teknis. Estimasi ini penting untuk mendukung pengendalian biaya dan penyusunan anggaran proyek.

4.10 Kurva S

Kurva S merupakan grafik yang digunakan dalam manajemen proyek untuk menggambarkan kemajuan kumulatif pekerjaan terhadap waktu. Dalam proyek jalan tol, kurva ini berfungsi sebagai alat kontrol dan evaluasi progres fisik maupun keuangan. Sumbu horizontal menunjukkan waktu (minggu/bulan), sedangkan sumbu vertikal menunjukkan persentase kumulatif kemajuan atau biaya. Dengan membandingkan kurva rencana dan realisasi, manajemen dapat mengidentifikasi deviasi pelaksanaan. Adapun detail Kurva S antara metode konvensional dan metode BIM dalam proyek ini disajikan pada Lampiran 6 dan Lampiran 7 .

4.11 Manajemen Kesehatan dan keselamatan Kerja

4.11.1 Perhitungan Biaya K3

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 10 Tahun 2021 pasal 34 ayat 5, penerapan SMKK pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Probolinggo – Banyuwangi Paket 3B Zona 2 termasuk pekerjaan berbahaya tingkat risiko tinggi, yaitu pekerjaan konstruksi dengan nilai HPS diatas Rp100.000.000.000,00 (seratus milyar rupiah) dan mempekerjakan tenaga kerja berjumlah lebih dari 100 (seratus) orang. Menurut Surat Edaran Menteri Nomor 10/SE/M/2018, item pekerjaan SMKK dimasukkan dalam daftar kuantitas dan besaran biaya 1.0 – 2.5% serta berdasarkan penelitian terdahulu dengan studi kasus yang sejenis maka biaya SMKK pada tugas akhir ini dialokasikan sebesar 2,5% dari total biaya proyek.

- Konvensional

  Biaya K3 = 2,5% x RAP Konvensional
  RAP = Rp 212,963,719,446
  Biaya K3 = 2,5% x Rp 212,963,719,446
  = Rp 5,324,092,986

- BIM

  Biaya K3 = 2,5% x RAP BIM
  RAP = Rp 203,648,135,682
  Biaya K3 = 2,5% x Rp 203,648,135,682
  = Rp 5,091,203,392

Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka didapatkan nilai biaya K3 untuk Proyek Pembangunan Jalan Tol Probolinggo – Banyuwangi Paket 3B Zona 2 dengan metode Konvensional dan BIM masing – masing adalah sebesar Rp 5,324,092,986 dan Rp 5,091,203,392.

4.11.2 Identifikasi Bahaya, Penilaian Risiko dan Pengendalian Resiko

Pekerjaan pembangunan jalan tol terdiri dari beberapa komponen utama, antara lain pekerjaan galian, timbunan, konstruksi badan jalan tol, *Box*, serta jembatan. Setiap tahapan pekerjaan tersebut memiliki potensi bahaya yang dapat membahayakan keselamatan tenaga kerja serta mengganggu kelancaran pelaksanaan proyek secara keseluruhan. Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan yang sistematis melalui proses identifikasi potensi bahaya,

penilaian tingkat risiko, serta penerapan strategi pengendalian yang sesuai guna meminimalkan kemungkinan terjadinya dampak negatif. Upaya ini merupakan bagian integral dari penerapan program Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) yang efektif, dengan tujuan utama untuk mengurangi risiko kecelakaan kerja, kerugian material, serta potensi keterlambatan waktu pelaksanaan. Pelaksanaan kegiatan K3 ini juga mengacu pada ketentuan dan regulasi yang berlaku di bidang konstruksi.

Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) dalam proyek konstruksi telah diatur secara jelas dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2012 tentang Penerapan SMK3, yang mewajibkan setiap perusahaan untuk melakukan identifikasi potensi bahaya serta analisis dan pengendalian risiko di lingkungan kerja. Selain itu, ketentuan serupa juga tercantum dalam Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor PER.05/MEN/1996 mengenai SMK3, yang mengharuskan penyusunan prosedur kerja aman berdasarkan hasil identifikasi bahaya dan evaluasi risiko yang telah dilakukan.

Mengacu pada regulasi tersebut, maka perlu dilakukan proses identifikasi bahaya, penilaian tingkat risiko, serta perumusan langkah-langkah pengendalian risiko dalam pelaksanaan metode precast, khususnya pada pekerjaan galian, timbunan, badan jalan, *Box*, serta jembatan. Hal ini bertujuan untuk memastikan keselamatan tenaga kerja serta menjaga efektivitas dan efisiensi pelaksanaan proyek konstruksi. Rincian terkait identifikasi bahaya, penilaian risiko, dan pengendalian risiko pada pekerjaan badan jalan tol, *Box* underpass, *Box* pedestrian, *Box* culvert, serta jembatan.dengan metode precast disajikan dalam Tabel berikut.

Tabel 4. 109 Identifikasi Bahaya, Penilaian Risiko dan Pengendalian Resiko

NO	DESKRIPSI RISIKO			Perundangan Atau Persyaratan	PENILAIAN TINGKAT RISIKO				Pengendalian Risiko Awal	PENILAIAN SISA RISIKO				Pengendalian Risiko Lanjutan	Keterangan
	Uraian Pekerjaan	Identifikasi Bahaya	Risiko		Kemungkinan (F)	Kepahan (A)	Nilai Risiko (F X A)	Tingkat Risiko Awal (TR)		Kemungkinan (F)	Kepahan (A)	Nilai Risiko (F X A)	Tingkat Risiko Sisa (TR)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15		16
1	Manajemen Keselamatan Lalu Lintas	- Kecelakaan lalu lintas di jalan (tabrakan kendaraan, cedera perorangan - Kerusakan material & peralatan (kerugian keuangan dan produksi) - Lalu lintas macet - Akses mobilisasi alat berat	- Terganggunya kesehatan pekerja, karyawan, warga sekitar - Kecelakaan kerja - Terganggunya progres pekerjaan	- UU Nomor 1 Tahun 1970 Tentang Keselamatan Kerja - UU Nomor 2 Tahun 2017 Tentang Jasa Konstruksi	3	2	6	Sedang	- Melaksanakan survei lapangan sebelum memulai pekerjaan - Membuat Traffic Management Plan - Membuat Metode Kerja, Risk Assessment, dan JSA, disosialisasikan kepada seluruh pekerja - Induksi HSE kepada semua pekerja - Pemasangan alat bantu pengaturan lalu lintas (barikade & rambu) - Tool*Box* Meeting setiap hari sebelum	3	1	3	Kecil	- Management review terkait pengerjaan, dan lakukan perubahan secepatnya apabila ada perubahan di lapanga - Rapat internal HSE dan vendor terkait	-

NO	DESKRIPSI RISIKO			Perundangan Atau Persyaratan	PENILAIAN TINGKAT RISIKO				Pengendalian Risiko Awal	PENILAIAN SISA RISIKO				Pengendalian Risiko Lanjutan	Keterangan
	Uraian Pekerjaan	Identifikasi Bahaya	Risiko		Kemungkinan (F)	Kepahan (A)	Nilai Risiko (F X A)	Tingkat Risiko Awal (TR)		Kemungkinan (F)	Kepahan (A)	Nilai Risiko (F X A)	Tingkat Risiko Sisa (TR)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15		16
									memulai kerja rutin						
2	Pembersihan Area Kerja	- Digigit binatang berbisa/binatang buas - Iritasi - Tangan tergores - Tertusuk benda tajam - Terperosok - Terpeleset - Terpelanting - *Heat stress* - Dehidrasi - Longsor	- Semua pekerja di proyek - Semua staf di proye - Masyarakat pengguna jalan yang bersinggungan dengan jalan *existing*	- Undang-Undang No. 1 Tahun 1970 Bab 9:13 tentang Keselamatan Kerja	3	4	12	Sedang	- Melakukan survei awal lokasi untuk mengetahui kontur wilayah - Melakukan TBM (Tool *Box* Meeting) dan juga induksi kepada karyawan, pekerja	3	2	6	Sedang	- Melakukan pemaparan induksi khusus dan pelatihan khusus penanganan tentang bahaya bisa ular dan pertolongan pertama kecelakaan - Melakukan penyemprotan dan	-

NO	DESKRIPSI RISIKO			Perundangan Atau Persyaratan	PENILAIAN TINGKAT RISIKO				Pengendalian Risiko Awal	PENILAIAN SISA RISIKO				Pengendalian Risiko Lanjutan	Keterangan
	Uraian Pekerjaan	Identifikasi Bahaya	Risiko		Kemungkinan (F)	Kepahan (A)	Nilai Risiko (F X A)	Tingkat Risiko Awal (TR)		Kemungkinan (F)	Kepahan (A)	Nilai Risiko (F X A)	Tingkat Risiko Sisa (TR)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15		16
														- pembersihan area kerja dengan *Water Tank* - Menyiagakan rumah sakit terdekat/rekanan yang sudah bekerja sama apabila ada kecelakaan	
3	Tanah Galian & Hauling Galian	- Tertabrak alat berat - Gangguan kesehatan akibat debu, bising, dan jalan kotor - Terluka karena proses kerja & metode salah - Kecelakaan lalu lintas (tidak ada flagman) - Kecelakaan karena jenis & cara	- Kecelakaan kerja - Gangguan kesehatan - Gangguan transportasi proyek	- UU No. 1 Tahun 1970 – K3 - PP No. 50 Tahun 2012 – SMK3	4	5	20	Tinggi	- Membuat Traffic Management Plan - Membuat Metode Kerja, Risk Assessment, dan JSA - Induksi HSE untuk seluruh tenaga kerja - Pemasangan barikade dan rambu di area yang di terpakai	4	3	12	Sedang	- Pelatihan flagman & pembuka bak DT - Pemasangan VMS sesuai standar - Penyemprotan & perbaikan jalan hauling - Tidak boleh melebihi kapasitas muatan	-

NO	DESKRIPSI RISIKO			Perundangan Atau Persyaratan	PENILAIAN TINGKAT RISIKO				Pengendalian Risiko Awal	PENILAIAN SISA RISIKO				Pengendalian Risiko Lanjutan	Keterangan
	Uraian Pekerjaan	Identifikasi Bahaya	Risiko		Kemungkinan (F)	Kepahan (A)	Nilai Risiko (F X A)	Tingkat Risiko Awal (TR)		Kemungkinan (F)	Kepahan (A)	Nilai Risiko (F X A)	Tingkat Risiko Sisa (TR)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15		16
		penggunaan alat salah							- *Toolbox Meeting* & inspeksi rutin - Pembersihan sisa tanah di jalan - Petugas buka/tutup hauling					- Pemeriksaan rutin alat & *Dump Truck* - Penggunaan APD lengkap (helm, rompi, sepatu)	
4	Timbunan Tanah Biasa	- Tertabrak Alat Berat - Alat berat malfungsi alat - Gangguan kesehatan akibat kondisi kerja secara umum, - Kecelakaan akibat pengaturan lalu lintas kurang baik, - Kecelakaan akibat jenis	- Semua pekerja di proyek - Semua staff di proyek - Pengunjung di proyek - Pengguna Jalan	- UU No. 1 1970 – K3 - PP No. 50 2012 – SMK3 - PERMEN PU No. 05/PRT/M/2014 – K3 - Permenakertrans RI. No. Per. 08/MEN/VII/2010 – APD - PER/05/MEN/1985 – Alat Berat	4	5	20	Tinggi	- Koordinasi pada Pihak Berwenang - Melaksanakan survei sebelum melakukan pekerjaan - Membuat *Traffic Management Plan* - Membuat Metode Kerja, Risk Assessment dan JSA dan	4	3	12	Sedang	- Pemberian rambu dan penindakan batas kecepatan - Penyediaan truk tangki air untuk pembersihan	-

NO	DESKRIPSI RISIKO			Perundangan Atau Persyaratan	PENILAIAN TINGKAT RISIKO				Pengendalian Risiko Awal	PENILAIAN SISA RISIKO				Pengendalian Risiko Lanjutan	Keterangan
	Uraian Pekerjaan	Identifikasi Bahaya	Risiko		Kemungkinan (F)	Kepar ahan (A)	Nilai Risiko (F X A)	Tingkat Risiko Awal (TR)		Kemungkinan (F)	Kepar ahan (A)	Nilai Risiko (F X A)	Tingkat Risiko Sisa (TR)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15		16
		dan cara penggunaan peralatan salah,		- PER.09/MEN/ VII/2010 – Operator Alat Berat					disosialisasikan. - HSE Induksi untuk semua tenaga kerja yang masuk diarea kerja, - Pemasangan Barikade & Rambu						
5	Pengecoran beton	- Gangguan kesehatan akibat kondisi kerja umum - Kecelakaan saat pengecoran - Kecelakaan di pier head atau jembatan - Kecelakaan lalu lintas - Kecelakaan alat berat - Terluka tertimpa/terjepit besi	- Semua pekerja proyek - Semua staff proyek - Pengunjung proyek - Pengguna jalan	- UU No. 1 Tahun 1970 – K3 - PP No. 50 Tahun 2012 – SMK3 - Permen K3 - PU No. 05/PRT/M/2014 – K3 - Permenakertrans RI No. 08/MEN/VII/2010 – APD - PER/05/MEN/ 1985 – Alat Berat	5	4	Gi	Tinggi	- Koordinasi dengan pihak berwenang dan terkait (Polsek, Koramil, Desa) - Koordinasi Muspika/Muspida - Survey sebelum kerja - Buat Traffic Management Plan - Metode Kerja, Risk Assessment,	5	2	10	Sedang	- Pembuatan bak sumpit untuk menetralkan pH keasaman - Material obat beton diuji sebelum dibuang - Sisa material untuk CSR/jalan akses - Pengujian air limbah	-

NO	DESKRIPSI RISIKO			Perundangan Atau Persyaratan	PENILAIAN TINGKAT RISIKO				Pengendalian Risiko Awal	PENILAIAN SISA RISIKO				Pengendalian Risiko Lanjutan	Keterangan
	Uraian Pekerjaan	Identifikasi Bahaya	Risiko		Kemungkinan (F)	Kepahan (A)	Nilai Risiko (F X A)	Tingkat Risiko Awal (TR)		Kemungkinan (F)	Kepahan (A)	Nilai Risiko (F X A)	Tingkat Risiko Sisa (TR)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15		16
		- Terjepit talang mixer - Mixer terguling - Mixer ambles - Sisa beton dibuang sembarangan - Air pencucian beton mencemari baku mutu air/sumber air		- PER.09/MEN/VII/2010 – Operator Alat Berat - PERMENAKER No. 9/2016 – Bekerja di Ketinggian					JSA dan sosialisasi - HSE Induksi tenaga kerja - Pembuatan bak reservoir di basecamp proyek untuk air limbah					buangan beton	
	Erection Girder	- Gangguan kesehatan akibat kondisi kerja - Kecelakaan akibat lalu lintas buruk - Daya dukung tanah lemah/tidak kuat - Kecelakaan saat mobilisasi alat - Jalur alat sempit	- Semua pekerja proyek - Semua staff proyek - Pengunjung proyek - Pengguna jalan	- UU No. 1 Tahun 1970 – K3 - PP No. 50 Tahun 2012 – SMK3 - PERMEN PU No. 05/PRT/M/2014 – K3 - Permenakertrans RI No. Per. 08/MEN/VII/2010 – APD	5	5	25	Tinggi	- Koordinasi dengan pihak berwenang - Survey lokasi sebelum kerja - Cek kesesuaian alat (usia <15 tahun) - Cek sertifikat alat bantu angkat dan validasi surat - Tes CBR dan pemadatan tanah	4	3	12	Sedang	- Plat baja tambahan di jalur alat - HSE induksi seluruh pekerja - Barikade & rambu - Tool*Box* meeting & inspeksi rutin - Gunakan helm &	-

NO	DESKRIPSI RISIKO			Perundangan Atau Persyaratan	PENILAIAN TINGKAT RISIKO				Pengendalian Risiko Awal	PENILAIAN SISA RISIKO				Pengendalian Risiko Lanjutan	Keterangan
	Uraian Pekerjaan	Identifikasi Bahaya	Risiko		Kemungkinan (F)	Kepar ahan (A)	Nilai Risiko (F X A)	Tingkat Risiko Awal (TR)		Kemungkinan (F)	Kepar ahan (A)	Nilai Risiko (F X A)	Tingkat Risiko Sisa (TR)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15		16
		- Salah prosedur prestressing - Malfungsi alat stressing - Alat bantu angkat aus/kink - Penempatan stok material tidak tepat - Girder jatuh karena alat/crane rusak - Sling bermasalah - Alat berat bocor/rusak saat digunakan		- PER/05/MEN/ 1985 – Alat Berat - PER/09/MEN/ VII/2010 – Operator Alat Berat - PERMENAKER No. 9 Tahun 2016 – Bekerja di Ketinggian					- Ganti sling baru sebelum erection - Metode erection disepakati dan dituangkan dalam BA - Cek alat pre-stressing girder dan maintenance record					rompi keselamatan - Gunakan sepatu safety (boots)	

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada proyek pembangunan Jalan Tol Probolinggo–Banyuwangi Paket 3B Zona 2, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Proses pemodelan dan perhitungan Quantity Take-off menggunakan BIM 5D memberikan hasil yang lebih terintegrasi dan akurat. Dengan memanfaatkan pemodelan digital, volume pekerjaan diperoleh secara otomatis dan presisi berdasarkan model 3D. Hasil deviasi volume antara metode konvensional dan BIM sangat kecil, berada pada kisaran 0–3%
2. Durasi dan perhitungan Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) menggunakan metode BIM menghasilkan waktu pelaksanaan proyek selama 284 hari, lebih cepat 5 hari dibandingkan metode konvensional yang membutuhkan 289 hari. Efisiensi waktu ini disebabkan oleh kemampuan BIM dalam mengidentifikasi konflik antar pekerjaan sejak tahap perencanaan.
3. Perbandingan biaya antara metode konvensional dan BIM menunjukkan bahwa RAP metode BIM lebih mahal, yaitu sebesar Rp 212,012,431,510, sedangkan RAP metode konvensional adalah Rp 211,538,275,445. Dengan demikian, penggunaan BIM menghasilkan *deviasi* biaya sebesar Rp 474,156,065, atau sekitar 0,2% lebih mahal dibanding metode konvensional.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada proyek pembangunan Jalan Tol Probolinggo–Banyuwangi Paket 3B Zona 2, dapat diberikan saran sebagai berikut:

1. Penggunaan BIM sebaiknya mulai diterapkan sejak awal proyek, karena terbukti bisa membantu mempercepat waktu pelaksanaan dan menghemat biaya. Selain itu, BIM juga memudahkan proses perhitungan volume dan bisa mendeteksi kesalahan desain lebih awal.
2. Diperlukan pelatihan atau pembekalan keterampilan untuk tenaga kerja atau mahasiswa teknik agar bisa mengoperasikan software BIM, seperti Revit atau *Navisworks*. Dengan kemampuan tersebut, proses perencanaan proyek bisa dilakukan lebih cepat dan akurat.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

Andi Tenrisukki Tenriajeng. (2003). *Pemindahan Tanah Mekanis.* Gunadarma.

Andre Riantama, & Koespiadi. (2018). *Analisis Pola Rencana Anggaran Biaya (Rab) Pada Proyek Pembangunan Pergudangan Berdasarkan Hspk Kota Mojokerto*. Prodi Teknik Sipil, Universitas Narotama, 2(November), 1–8.

Ardhinata, T. (2024). *Analisis Perbandingan Waktu Dan Biaya Berdasarkan Quantity Take-Off Menggunakan Bim Revit Dan Metode Konvensional [Studi Kasus : Overpass Pada Proyek Tol Overpass Indralaya – Prabumulih Sta 14+934* . Dalam Institut Teknologi Sepuluh Nopember. http://repository.its.ac.id/id/eprint/112759

Arrasyid, O. B. (2024). *Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Timbunan Proyek Pembangunan Tol Solo – Yogyakarta – Yogyakarta International Airport Kulon Progo Seksi Ii Paket 2.2 Sta 56+425 – 56+650*. Dalam Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada (Vol. 15, Nomor 1). Universitas Gadjah Mada.

Ashari, H. (2014). *Panduan Penyusunan HPS agar Tidak Terkena Kasus Mark-up dan Tidak Gagal Lelang*.

Bayraktarova, K., Eberhardsteiner, L., Zhou, D., & Blab, R. (2022). Characterisation of the climatic temperature variations in the design of *rigid pavement*s. *International Journal of Pavement Engineering,* 23(9), 3222–3235. https://doi.org/10.1080/10298436.2021.1887486

Borrmann, A., König, M., Koch, C., & Beetz, J. (2018). Building Information Modeling. *Springer*. https://doi.org/10.1002/9781119572626.ch2

Chakole, H., & J.Wadhai, Dr. P. (2022). The comparison of geometric design using Civil 3D software and manual method. *International Journal for Modern Trends in Science and Technology*, June. https://doi.org/10.46501/IJMTST0806018

Cook, R. a, Bloomquist, D., Zink, W. D., & Ansley, M. H. (2002). Evaluation of Precast *Box* Culvert Systems. *Report No. BC354 RPWO #47 – Part 1, 4910, 1–103*.

Dharmawan, W. I., Oktarina, D., & Wibowo, T. C. (2017). *Evaluasi Penjadwalan Proyek Pengembangan Rumah Sakit Mitra Husada Pringsewu*. Media Komunikasi Teknik Sipil, *23*(1), 59. https://doi.org/10.14710/mkts.v23i1.14729

Filza Wiranti, Sartika Nisumanti, & Khodijah Al Qubro. (2022). *Analisis Perhitungan Quantity Take-Off Menggunakan Building Information Modeling (Bim) Pada Proyek Jalan Tol Indralaya-Prabumulih*. Jurnal Rekayasa, 12(2), 192–202. https://doi.org/10.37037/jrftsp.v12i2.134

Harleris, M. B. W. (2024). *Analisis Perbandingan Waktu Dan Biaya Pelaksanaan Berdasarkan Quantity Take-Off Metode Konvensional Dan Metode Bim Pada Proyek Pembangunan Gedung Kantor DPD Provinsi Jawa Tengah*. Dalam Institut Teknologi Sepuluh Nopember. http://repository.its.ac.id/id/eprint/106761

Hutagaol, J. D. (2013). *Perbandingan Metode Critical Path Method (Cpm), Precedence Diagram Method (Pdm), Dan Line Of Balance (Lob) Terhadap Proyek Repetitif*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang., 1–23.

Indraj, Gurjar, G. L., & Kumar, A. (2019). *Analysis of Social Structure : A Case Study of Haryana*. *3*(4), 27–31.

Irmayanti, N., Ridwan, A., Poernomo, Y. C. S., Wicaksono, H., & Rahmawaty, F. (2021). *Efisiensi Harga Satuan Pekerjaan Konstruksi Gedung Dengan Metode BOW (Burgerlijke Openbare Werken),* SNI (Standart Nasional Indonesia) Dan Lapangan. 4.

Kementerian PUPR. (2020). *Informasi Statistik Infrastruktur PUPR 2020*. Pusdatin, 53(9), 1–58.

Khaska, K., & Miletics, D. (2021). Sight distance analyses for autonomous vehicles in Civil 3D. *Pollack Periodica*, *16*(3), 33–38. https://doi.org/10.1556/606.2021.00380

Lesmana, M. O. (2023). *Analisis Perhitungan Struktur Pada Box Culvert Jalan Kereta Api (Studi Kasus Bh 41 Lintas Medan-Binjai)*. Universitas Medan Area.

Lin, W., & Yoda, T. (2017). *Introduction of Bridge Engineering*. https://api.semanticscholar.org/CorpusID:113560442

Lu, W., Lai, C. C., & Tse, T. (2019). BIM and Big Data for Construction Cost Management. Dalam *BIM and Big Data for Construction Cost Management*. https://doi.org/10.1201/9781351172325

Mahapatni, I. A. P. S. (2019). *Metode Perencanaan dan Pengendalian Proyek Konstruksi*. Dalam UNHI Press.

ManoharK, M., Reddy, P. N., Dana, S. S., & Mahantesh. (2018). Construction of *Rigid pavement*. *International journal of engineering research and technology*, *7*. https://api.semanticscholar.org/CorpusID:188572790

Mubarak, Abdullah, Riza, M., & Hayati, Y. (2019). Changes in the unit price of work for reinforced concrete construction based on building sites. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *523*(1). https://doi.org/10.1088/1757-899X/523/1/012035

Nafe Assafi, M., Hossain, M. M., Chileshe, N., & Datta, S. D. (2022). Development and validation of a framework for preventing and mitigating construction delay using 4D BIM platform in Bangladeshi construction sector. *Construction Innovation*, *23*(5), 1255–1278. https://doi.org/10.1108/CI-08-2021-0160

Nugroho, F. H. D. (2024). *Proyek Akhir Penerapan Building Information Modelling (Bim) Level 3d Dan 5d Untuk Perbandingan Volume (Studi Kasus Gedung Layanan Ibu Dan Anak Rsup Dr . Sardjito)*. Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada.

Nurullah, A. (2024). *Analisis Perbandingan Volume, Biaya Dan Waktu Menggunakan Konsep Building Information Modelling (Bim) Terhadap Perhitungan Manual Pada Pekerjaan Box Culvert*. Dalam Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada (Nomor 1). https://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/235062

Pandey, S., Pandey, A., Atul, E., & Bajpai, Y. (2019). Planning, Designing and Proposing a Flyover Road Using Autocad Civil 3D Software. *International Journal of Technical Innovation in Modern Engineering & Science (IJTIMES) Impact*, *5*(08), 3–8. https://www.researchgate.net/publication/337049760

PMI. (2017). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*. v.

Raji, S. A., Zava, A., Jirgba, K., & Osunkunle, A. B. (2017). Geometric Design of a Highway Using Autocad Civil 3d. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST)*, *4*(6), 2458–9403. www.jmest.org

Rani, H. A. (2016). *Manajemen Proyek Konstruksi: Vol. VI* (Nomor 1). Universitas Muhammadiyah Aceh.

Rayendra, & Soemardi, B. W. (2014). *Studi Aplikasi Teknologi Building Information Modeling Untuk Pra-Konstruksi*. Simposium Nasional RAPI XIII, 13, 14–21.

Ritonga, B. U. (2021). *Studi Analisis Optimasi Biaya Dan Waktu Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Penggalian Dan Timbunan Tanah Proyek Foundation Of Oil Storage Tank Capacity 1500 Tons*. 16(1), 1–95.

Saputra, P. D., & Latief, Y. (2020). Development of safety plan based on work breakdown structure to determine safety cost for precast concrete bridge construction projects. Case study: Girder erection with launching gantry method. *Civil Engineering and Architecture*, *8*(3), 297–304. https://doi.org/10.13189/cea.2020.080313

Setiawan, E., Tistogondo, J., Bagio, T. H., & Afaq, R. (2016). *Calculation Of Labor And Material Needs In Building And Housing Based On Sni 2008 Using Microsoft Excel Macros C Alculation Of L Abor And M Aterial N Eeds In B Uilding And H Ousing B Ased On S Ni 2008 U Sing M Icrosoft E Xcel M Acros*.

Setiawan, L., & Tamtana, J. S. (2020). *Analisis Percepatan Durasi Pekerjaan Basement Semi Top Down Dengan Metode Time Cost Trade Off.* JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil, 3(1), 143. https://doi.org/10.24912/jmts.v3i1.6974

Shaban, A. M., Alsabbagh, A., Wtaife, S., & Suksawang, N. (2020). Effect of Pavement Foundation Materials on *Rigid pavement* Response. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *671*(1). https://doi.org/10.1088/1757-899X/671/1/012085

Shen, Z., & Issa, R. R. A. (2010). Quantitative evaluation of the BIM-assisted construction detailed cost estimates. *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, *15*(March), 234–257.

Soeharto, I. (1999). *Project Management*. Erlangga.

Sukmawardana, M. U. T. (2024). Implementation Of Building Information Modeling (Bim) Technology In Toll Road Project Schedule Planning [Institut Teknologi Sepuluh Nopember]. Dalam *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*. http://repository.its.ac.id/id/eprint/110397

Sumarningsih, T. (2007). *Idealisasi Penjadwalan Proyek Bangunan Gedungdengan Teknik Miller.* Media Komunikasi Teknik Sipil, 1–9. https://ejournal.undip.ac.id/index.php/mkts/article/view/3661/3294

Tigauw, F. M., Aprilianto, F., & Santoso, H. T. (2023). *Analisa Perhitungan Quantity Material Take-Off (QMTO) Struktur Bawah Jembatan Tipe Skew dengan Menggunakan BIM Autodesk Revit*. Jurnal Inovasi Konstruksi, 2(2), 58–65. https://doi.org/10.56911/jik.v2i2.44

Utami Nilawati, N. K., & Dharsika, I. G. E. (2020). *Penerapan Manajemen Proyek Pada Tahap Pengendalian Waktu Pelaksanaan Proyek Soft Landscaping Jumeirah Resort Pecatu Graha Bali*. Jurnal Ilmiah Vastuwidya, *3*(1), 01–05. https://doi.org/10.47532/jiv.v3i1.94

Widodo, S. A., Yakin, K., & Nugroho, W. A. (2020). *Analisis Perbandingan Nilai Proyek Dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) (Studi Kasus: SDN Kedung Cowek Baru)*. Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil, *3*(1), 13–18. https://doi.org/10.25139/jprs.v3i1.2431

Wiratmani, E. (2010). *Analisis Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K-3) Pada Bagian Pressing Di Pt. X.* Jurnal Ilmiah Faktor Exacta, 3(1), 95–110.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

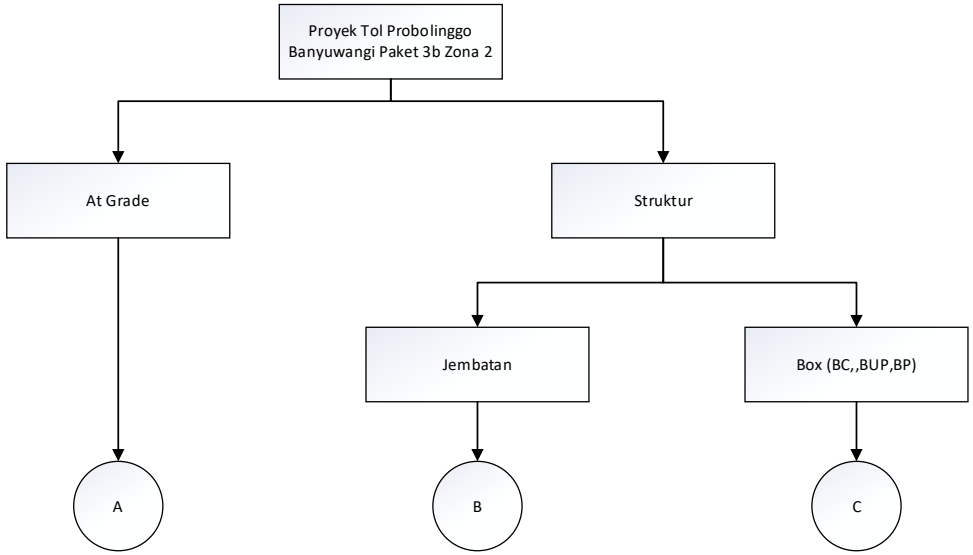
BIODATA PENULIS

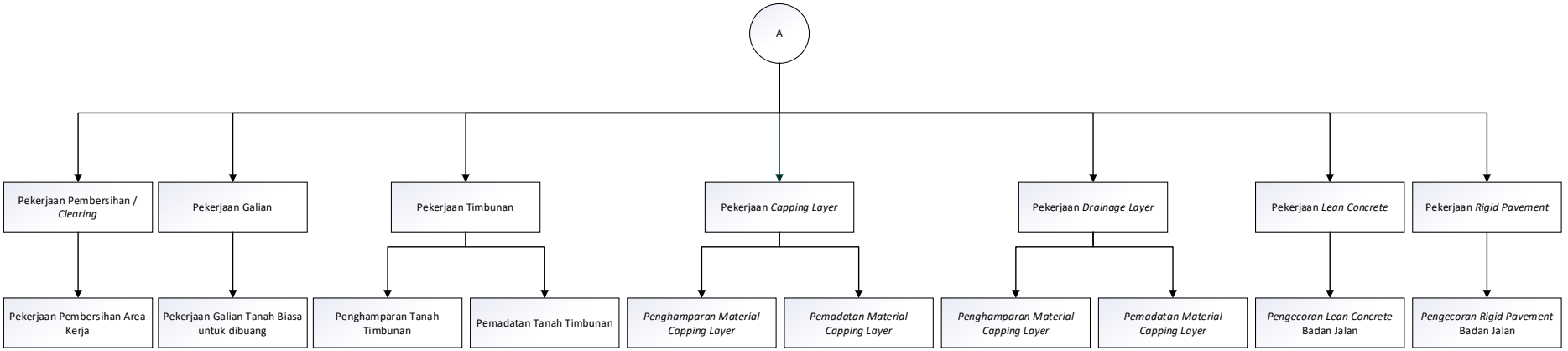
Penulis memiliki nama lengkap I Made Ahimsa Dewanta. Penulis lahir di Jombang pada tanggal 29 Mei 2002 dan merupakan anak ke dua dari dua bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal sebelumnya di SDN Jombatan 3 Jombang, SMPN 1 Jombang, dan SMAN 3 Jombang. Pada tahun 2021, penulis mengikuti seleksi SBMPTN dan dinyatakan diterima di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil – Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) dengan NRP 2035211046.

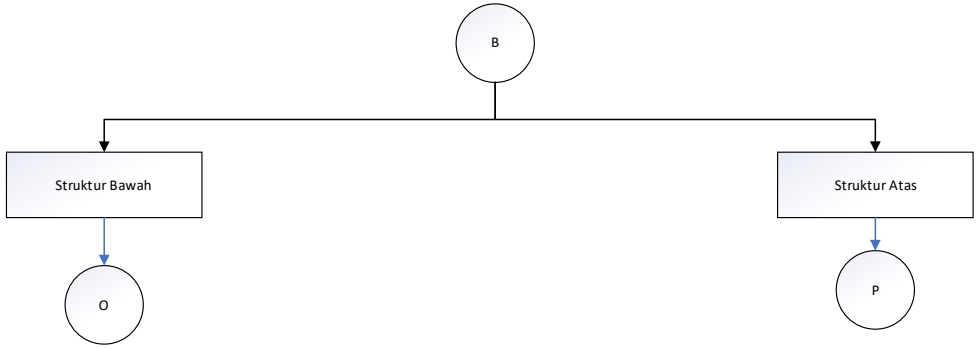
Selama menjalani perkuliahan, penulis aktif dalam berbagai kegiatan organisasi di lingkungan jurusan maupun institut. Salah satunya adalah keterlibatan dalam Himpunan Mahasiswa Diploma Sipil sebagai staff Media Informasi pada tahun 2023.

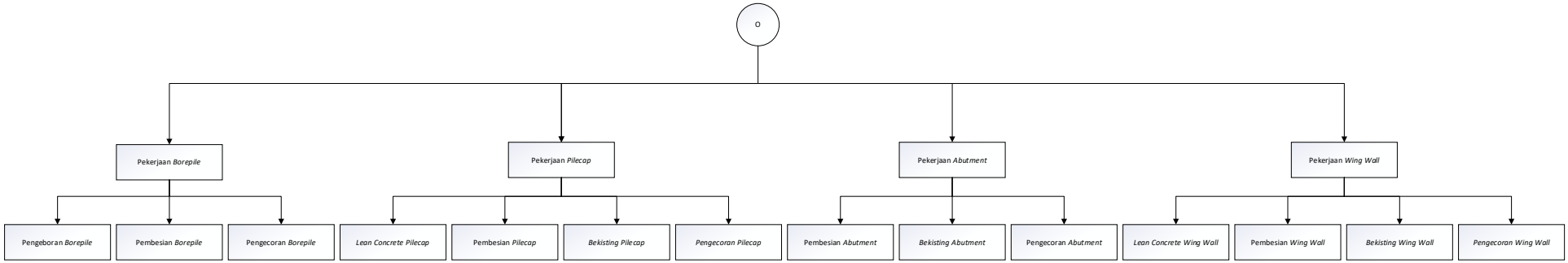
Penulis mengikuti kegiatan magang kerja pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Probolinggo–Banyuwangi Paket 3B yang berada di bawah naungan PT. Parama Karya Mandiri KSO sebagai konsultan pengawas. Magang dilaksanakan pada tanggal 15 Juli 2024 hingga 25 November 2024. Melalui pengalaman magang tersebut, penulis mendapatkan inspirasi dan data yang mendukung penyusunan tugas akhir ini. Apabila pembaca memiliki saran maupun pertanyaan, dapat menghubungi penulis melalui surel di alamat : imadeahimsadewanta@gmail.com.

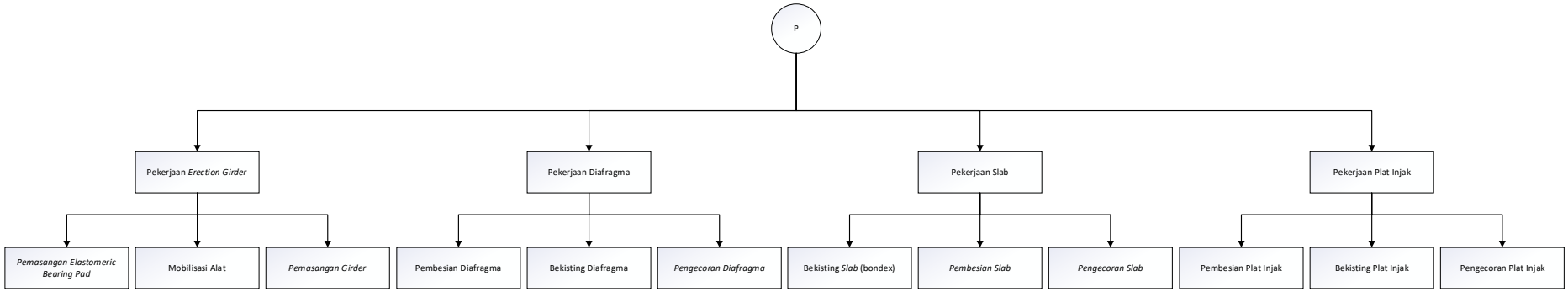
Lampiran 1 Work Breakdown Structure (WBS)

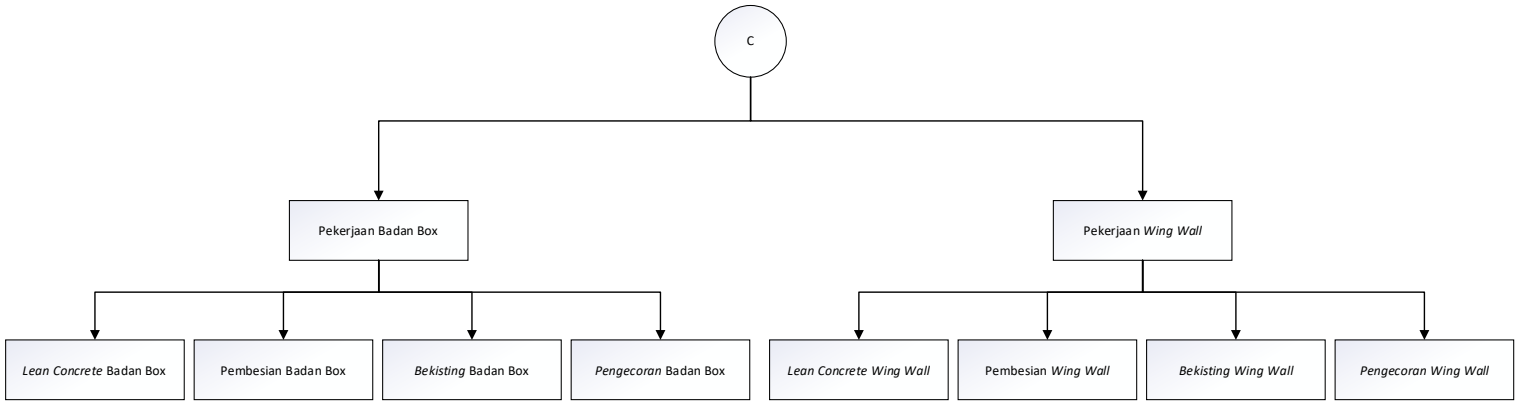



A
Pekerjaan Pembersihan / *Clearing*
Pekerjaan Galian
Pekerjaan Timbunan
Pekerjaan *Capping Layer*
Pekerjaan *Drainage Layer*
Pekerjaan *Lean Concrete*
Pekerjaan *Rigid Pavement*
Pekerjaan Pembersihan Area Kerja
Pekerjaan Galian Tanah Biasa untuk dibuang
Penghamparan Tanah Timbunan
Pemadatan Tanah Timbunan
Penghamparan Material Capping Layer
Pemadatan Material Capping Layer
Penghamparan Material Capping Layer
Pemadatan Material Capping Layer
Pengecoran Lean Concrete Badan Jalan
Pengecoran Rigid Pavement Badan Jalan


B
Struktur Bawah
Struktur Atas
O
P


O
Pekerjaan *Borepile*
Pekerjaan *Pilecap*
Pekerjaan *Abutment*
Pekerjaan *Wing Wall*
Pengeboran *Borepile*
Pembesian *Borepile*
Pengecoran *Borepile*
Lean Concrete Pilecap
Pembesian *Pilecap*
Bekisting Pilecap
Pengecoran Pilecap
Pembesian *Abutment*
Bekisting Abutment
Pengecoran *Abutment*
Lean Concrete Wing Wall
Pembesian *Wing Wall*
Bekisting Wing Wall
Pengecoran Wing Wall

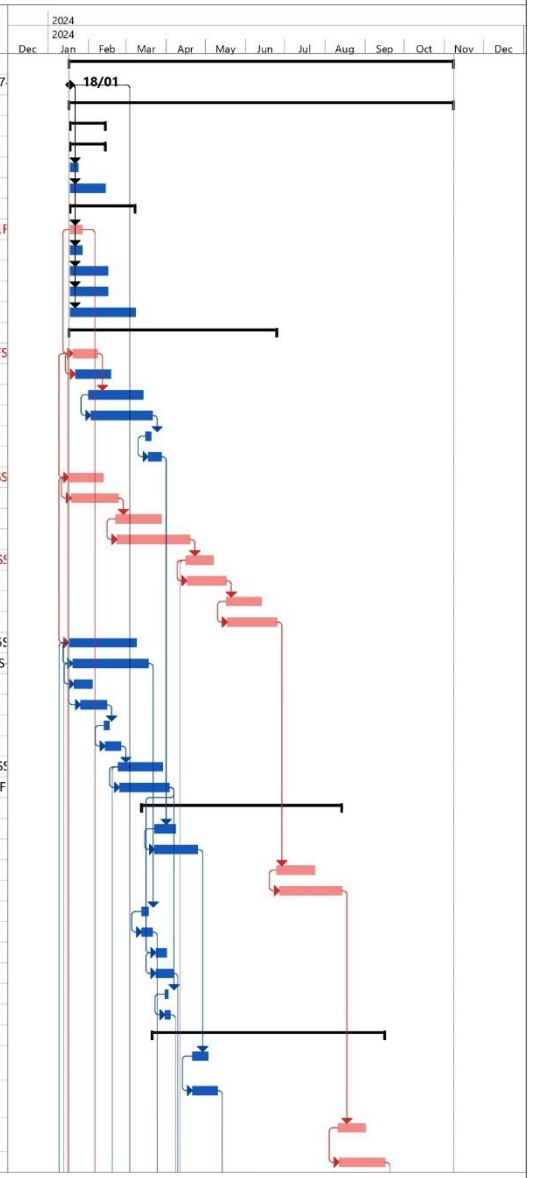

P
Pekerjaan *Erection Girder*
Pekerjaan Diafragma
Pekerjaan Slab
Pekerjaan Plat Injak
Pemasangan Elastomeric Bearing Pad
Mobilisasi Alat
Pemasangan Girder
Pembesian Diafragma
Bekisting Diafragma
Pengecoran Diafragma
Bekisting *Slab* (bondex)
Pembesian Slab
Pengecoran Slab
Pembesian Plat Injak
Bekisting Plat Injak
Pengecoran Plat Injak


C
Pekerjaan Badan Box
Pekerjaan *Wing Wall*
Lean Concrete Badan Box
Pembesian Badan Box
Bekisting Badan Box
Pengecoran Badan Box
Lean Concrete Wing Wall
Pembesian *Wing Wall*
Bekisting Wing Wall
Pengecoran Wing Wall

Lampiran 2 Penjadwalan MS Project Konvesional

PROYEK AKHIR PENJADWALAN METODE KONVENSIONAL PROYEK JALAN TOL PROBOLLINGGO BANYUWANGI PAKET 3B ZONA 2

ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Successors
1		**PROYEK JALAN TOL PROBOLINGGO - BANYUWANGI PAKET 3**	**289 days**	Wed 17/01/24	**Thu 07/11/24**		
2		**START**	0 days	Thu 18/01/24	Thu 18/01/24		6;7;9;10;11;12;13;7
3		**PEKERJAAN AT GRADE & PERKERASAN**	**289 days**	**Wed 17/01/24**	**Thu 07/11/24**		
4		**Pembersihan**	**27 days**	**Thu 18/01/24**	**Tue 13/02/24**		
5		**Pekerjaan Pembersihan Tempat Kerja**	**27 days**	**Thu 18/01/24**	**Tue 13/02/24**		
6		Pembersihan Lahan STA 43+475 - 44+300 (825)	6 days	Thu 18/01/24	Tue 23/01/24	2	
7		Pembersihan Lahan STA 44+300 - 44+500 (200 M)	27 days	Thu 18/01/24	Tue 13/02/24	2	
8		**Galian**	**50 days**	**Thu 18/01/24**	**Thu 07/03/24**		
9		Pekerjaan Galian Tanah STA 33+000-33+325	9 days	Thu 18/01/24	Fri 26/01/24	2	15SS+2 days;131F
10		Pekerjaan Galian Tanah STA 33+525-33+850	9 days	Thu 18/01/24	Fri 26/01/24	2	
11		Pekerjaan Galian Tanah STA 33+850-34+050	29 days	Thu 18/01/24	Thu 15/02/24	2	
12		Pekerjaan Galian Tanah STA 34+225-35+100	29 days	Thu 18/01/24	Thu 15/02/24	2	
13		Pekerjaan Galian Tanah STA 35+100-35+725	50 days	Thu 18/01/24	Thu 07/03/24	2	
14		**Timbunan**	**153 days**	Wed 17/01/24	Mon 24/06/24		
15		Pekerjaan Penghamparan Timbunan Tanah STA 32+000-32+450	19 days	Sat 20/01/24	Wed 07/02/24	9SS+2 days	16SS+2 days;17FS
16		Pekerjaan Pemadatan Timbunan Tanah STA 32+000-32+450	27 days	Mon 22/01/24	Sat 17/02/24	15SS+2 days	
17		Pekerjaan Penghamparan Timbunan Tanah STA 32+400-33+000	42 days	Thu 01/02/24	Wed 13/03/24	15FS-7 days	18SS+2 days
18		Pekerjaan Pemadatan Timbunan Tanah STA 32+400-33+000	47 days	Sat 03/02/24	Wed 20/03/24	17SS+2 days	19FS-5 days
19		Pekerjaan Penghamparan Timbunan Tanah STA 33+225-33+400	4 days	Sat 16/03/24	Tue 19/03/24	18FS-5 days	20SS+2 days
20		Pekerjaan Pemadatan Timbunan Tanah STA 33+225-33+400	10 days	Mon 18/03/24	Wed 27/03/24	19SS+2 days	38FS-5 days
21		Pekerjaan Penghamparan Timbunan Tanah STA 33+400-33+525	26 days	Wed 17/01/24	Sun 11/02/24	15SS-3 days	22SS+2 days;29SS
22		Pekerjaan Pemadatan Timbunan Tanah STA 33+400-33+525	36 days	Fri 19/01/24	Fri 23/02/24	21SS+2 days	23FS-2 days
23		Pekerjaan Penghamparan Timbunan Tanah STA 34+050-34+225	35 days	Thu 22/02/24	Wed 27/03/24	22FS-2 days	24SS+1 day
24		Pekerjaan Pemadatan Timbunan Tanah STA 34+050-34+225	49 days	Fri 23/02/24	Thu 18/04/24	23SS+1 day	25FS-3 days
25		Pekerjaan Penghamparan Timbunan Tanah STA 35+725-36+125	21 days	Tue 16/04/24	Mon 06/05/24	24FS-3 days	26SS+1 day;175SS
26		Pekerjaan Pemadatan Timbunan Tanah STA 35+725-36+125	30 days	Wed 17/04/24	Thu 16/05/24	25SS+1 day	27
27		Pekerjaan Penghamparan Timbunan Tanah STA 36+125-36+300	27 days	Fri 17/05/24	Wed 12/06/24	26	28SS+1 day
28		Pekerjaan Pemadatan Timbunan Tanah STA 36+125-36+300	38 days	Sat 18/05/24	Mon 24/06/24	27SS+1 day	40
29		Pekerjaan Penghamparan Timbunan CBM STA 43+000-43+650	52 days	Wed 17/01/24	Fri 08/03/24	21SS	30SS+3 days;186S
30		Pekerjaan Pemadatan Timbunan CBM STA 43+000-43+650	58 days	Sat 20/01/24	Sun 17/03/24	29SS+3 days	42FS-5 days;31SS
31		Pekerjaan Penghamparan Timbunan CBM STA 43+650-43+900	14 days	Sun 21/01/24	Sat 03/02/24	30SS+1 day	32SS+5 days
32		Pekerjaan Pemadatan Timbunan CBM STA 43+650-43+900	20 days	Fri 26/01/24	Wed 14/02/24	31SS+5 days	33FS-2 days
33		Pekerjaan Penghamparan Timbunan CBM STA 43+900-44+075	4 days	Tue 13/02/24	Fri 16/02/24	32FS-2 days	34SS+1 day
34		Pekerjaan Pemadatan Timbunan CBM STA 43+900-44+075	12 days	Wed 14/02/24	Sun 25/02/24	33SS+1 day	35FS-2 days
35		Pekerjaan Penghamparan Timbunan CBM STA 44+075-44+500	34 days	Sat 24/02/24	Thu 28/03/24	34FS-2 days	36SS+1 day;208SS
36		Pekerjaan Pemadatan Timbunan CBM STA 44+075-44+500	38 days	Sun 25/02/24	Tue 02/04/24	35SS+1 day	44FS-10 days;46F
37		**Lapis Separator/Capping Layer**	**147 days**	**Wed 13/03/24**	**Tue 13/08/24**		
38		Penghamparan Lapis Separator/Capping Layer - Zona 1 STA 32+000 - 33+500 (1.500 M)	16 days	Sat 23/03/24	Sun 07/04/24	20FS-5 days	39SS
39		Pemadatan Lapis Separator/Capping Layer - Zona 1 STA 32+000 - 33+500 (1.500 M)	26 days	Sat 23/03/24	Wed 24/04/24	38SS	49FS-4 days
40		Penghamparan Lapis Separator/Capping Layer - Zona 2 STA 33+500 - 36+300 (2.800 M)	29 days	Tue 25/06/24	Tue 23/07/24	28	41SS+2 days
41		Pemadatan Lapis Separator/Capping Layer - Zona 2 STA 33+500 - 36+300 (2.800 M)	48 days	Thu 27/06/24	Tue 13/08/24	40SS+2 days	51FS-3 days
42		Penghamparan Lapis Separator/Capping Layer - Zona 3 STA 43+000 - 43+475 (475 M)	5 days	Wed 13/03/24	Sun 17/03/24	30FS-5 days	43SS
43		Pemadatan Lapis Separator/Capping Layer - Zona 3 STA 43+000 - 43+475 (475 M)	8 days	Wed 13/03/24	Wed 20/03/24	42SS	53
44		Penghamparan Lapis Separator/Capping Layer - Zona 4 STA 43+475 - 44+300 (825 M)	8 days	Sun 24/03/24	Sun 31/03/24	36FS-10 days	45SS
45		Pemadatan Lapis Separator/Capping Layer - Zona 4 STA 43+475 - 44+300 (825 M)	13 days	Sun 24/03/24	Fri 05/04/24	44SS	55FS-3 days
46		Penghamparan Lapis Separator/Capping Layer - Zona 5 STA 44+300 - 44+500 (200 M)	2 days	Sun 31/03/24	Mon 01/04/24	36FS-3 days	47SS
47		Pemadatan Lapis Separator/Capping Layer - Zona 5 STA 44+300 - 44+500 (200 M)	4 days	Sun 31/03/24	Wed 03/04/24	46SS	57
48		**Lapis Drainase**	**172 days**	**Thu 21/03/24**	**Sun 15/09/24**		
49		Penghamparan Lapis Drainase - Zona 1 STA 32+000 - 33+500 (1.500 M)	12 days	Sun 21/04/24	Thu 02/05/24	39FS-4 days	50SS
50		Pemadatan Lapis Drainase - Zona 1 STA 32+000 - 33+500 (1.500 M)	19 days	Sun 21/04/24	Thu 09/05/24	49SS	60FS-3 days
51		Penghamparan Lapis Drainase - Zona 2 STA 33+500 - 36+300 (2.800 M)	21 days	Sun 11/08/24	Sat 31/08/24	41FS-3 days	52SS+1 day
52		Pemadatan Lapis Drainase - Zona 2 STA 33+500 - 36+300 (2.800 M)	35 days	Mon 12/08/24	Sun 15/09/24	51SS+1 day	61

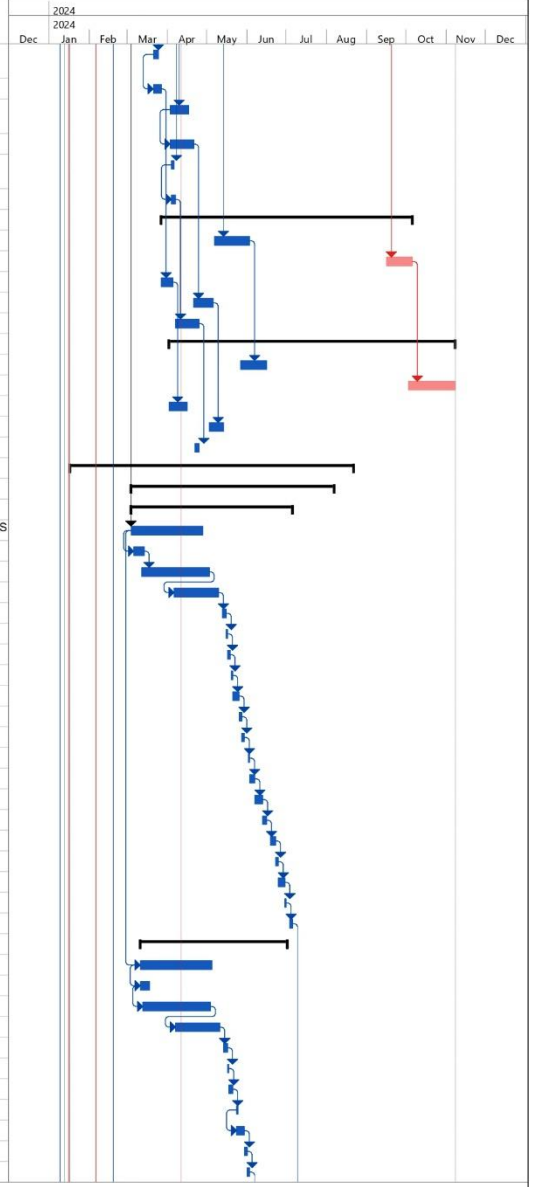


Project: Schedule Probowangi P
Date: Wed 30/07/25

Task
Split
Milestone
Summary
Project Summary
Inactive Task
Inactive Milestone
Inactive Summary
Manual Task
Duration-only
Manual Summary Rollup
Manual Summary
Start-only
Finish-only
External Tasks
External Milestone
Deadline
Critical
Critical Split
Progress
Manual Progress

PROYEK AKHIR PENJADWALAN METODE KONVENSIONAL PROYEK JALAN TOL PROBOLLINGGO BANYUWANGI PAKET 3B ZONA 2

ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Successors
53		Penghamparan Lapis Drainase - Zona 3 STA 43+000 - 43+475 (475 M)	4 days	Thu 21/03/24	Sun 24/03/24	43	54SS
54		Pemadatan Lapis Drainase - Zona 3 STA 43+000 - 43+475 (475 M)	6 days	Thu 21/03/24	Tue 26/03/24	53SS	62
55		Penghamparan Lapis Drainase - Zona 4 STA 43+475 - 44+300 (825 M)	7 days	Wed 03/04/24	Tue 16/04/24	45FS-3 days	56SS
56		Pemadatan Lapis Drainase - Zona 4 STA 43+475 - 44+300 (825 M)	11 days	Wed 03/04/24	Sat 20/04/24	55SS	63
57		Penghamparan Lapis Drainase - Zona 5 STA 44+300 - 44+500 (200 M)	2 days	Thu 04/04/24	Fri 05/04/24	47	58SS
58		Pemadatan Lapis Drainase - Zona 5 STA 44+300 - 44+500 (200 M)	3 days	Thu 04/04/24	Sat 06/04/24	57SS	64
59		**Lean Concrete (t = 10 cm)**	**186 days**	**Wed 27/03/24**	**Sat 05/10/24**		
60		Lean Concrete (t = 10 cm) - Zona 1 STA 32+000 - 33+500 (1.500 M)	27 days	Tue 07/05/24	Sun 02/06/24	50FS-3 days	66FS-7 days
61		Lean Concrete (t = 10 cm) - Zona 2 STA 33+500 - 36+300 (2.800 M)	20 days	Mon 16/09/24	Sat 05/10/24	52	67FS-3 days
62		Lean Concrete (t = 10 cm) - Zona 3 STA 43+000 - 43+475 (475 M)	9 days	Wed 27/03/24	Thu 04/04/24	54	68FS-3 days
63		Lean Concrete (t = 10 cm) - Zona 4 STA 43+475 - 44+300 (825 M)	15 days	Sun 21/04/24	Sun 05/05/24	56	69FS-3 days
64		Lean Concrete (t = 10 cm) - Zona 5 STA 44+300 - 44+500 (200 M)	11 days	Sun 07/04/24	Wed 24/04/24	58	70FS-3 days
65		**Perkerasan Beton Semen**	**213 days**	**Tue 02/04/24**	**Thu 07/11/24**		
66		Perkerasan Beton Semen - Zona 1 STA 32+000 - 33+500 (1.500 M)	20 days	Mon 27/05/24	Sat 15/06/24	60FS-7 days	
67		Perkerasan Beton Semen - Zona 2 STA 33+500 - 36+300 (2.800 M)	36 days	Thu 03/10/24	Thu 07/11/24	61FS-3 days	
68		Perkerasan Beton Semen - Zona 3 STA 43+000 - 43+475 (475 M)	7 days	Tue 02/04/24	Mon 15/04/24	62FS-3 days	
69		Perkerasan Beton Semen - Zona 4 STA 43+475 - 44+300 (825 M)	11 days	Fri 03/05/24	Mon 13/05/24	63FS-3 days	
70		Perkerasan Beton Semen - Zona 5 STA 44+300 - 44+500 (200 M)	3 days	Mon 22/04/24	Wed 24/04/24	64FS-3 days	
71		**PEKERJAAN STRUKTUR**	**211 days**	**Wed 17/01/24**	**Wed 21/08/24**		
72		**JEMBATAN STA 43+425 (25,6 M)**	**149 days**	**Mon 04/03/24**	**Tue 06/08/24**		
73		**Abutment 1**	**117 days**	**Mon 04/03/24**	**Fri 05/07/24**		
74		Jembatan STA 43+425 A1 - Pekerjaan Pengeboran Borepile	48 days	Mon 04/03/24	Sat 27/04/24	2FS+15 days	75SS+2 days;95SS
75		Jembatan STA 43+425 A1 - Fabrikasi Pembesian Borepile	8 days	Wed 06/03/24	Wed 13/03/24	74SS+2 days	76FS-2 days
76		Jembatan STA 43+425 A1 - Pemasangan Pembesian Borepile	45 days	Tue 12/03/24	Thu 02/05/24	75FS-2 days	77FS-20 days
77		Jembatan STA 43+425 A1 - Pengecoran Borepile	27 days	Sat 06/04/24	Thu 09/05/24	76FS-20 days	78FS+3 days
78		Jembatan STA 43+425 A1 - Pembobokan Borepile	3 days	Mon 13/05/24	Wed 15/05/24	77FS+3 days	79
79		Jembatan STA 43+425 A1 - Pekerjaan Pasang Bekisting Lean Concrete	1 day	Thu 16/05/24	Thu 16/05/24	78	80
80		Jembatan STA 43+425 A1 - Pekerjaan Lean Concrete	2 days	Fri 17/05/24	Sat 18/05/24	79	81FS+1 day
81		Jembatan STA 43+425 A1 - Pekerjaan Bongkar Bekisting Lean Concrete	1 day	Mon 20/05/24	Mon 20/05/24	80FS+1 day	82
82		Jembatan STA 43+425 A1 - Pekerjaan Pembesian Pilecap	5 days	Tue 21/05/24	Sat 25/05/24	81	83
83		Jembatan STA 43+425 A1 - Pekerjaan Pasang Bekisting Pilecap	2 days	Sun 26/05/24	Mon 27/05/24	82	84
84		Jembatan STA 43+425 A1 - Pekerjaan Pengecoran Pilecap	2 days	Tue 28/05/24	Wed 29/05/24	83	85FS+3 days
85		Jembatan STA 43+425 A1 - Pekerjaan Bongkar Bekisting Pilecap	1 day	Sun 02/06/24	Sun 02/06/24	84FS+3 days	86
86		Jembatan STA 43+425 A1 - Pekerjaan Pembesian Abutment	4 days	Mon 03/06/24	Thu 06/06/24	85	87
87		Jembatan STA 43+425 A1 - Pekerjaan Pasang Bekisting Abutment	6 days	Fri 07/06/24	Wed 12/06/24	86	88
88		Jembatan STA 43+425 A1 - Pekerjaan Pengecoran Abutment	3 days	Thu 13/06/24	Sat 15/06/24	87	89FS+3 days
89		Jembatan STA 43+425 A1 - Pekerjaan Bongkar Bekisting Abutment	4 days	Wed 19/06/24	Sat 22/06/24	88FS+3 days	90
90		Jembatan STA 43+425 A1 - Pekerjaan Pembesian Wingwall	2 days	Sun 23/06/24	Mon 24/06/24	89	91
91		Jembatan STA 43+425 A1 - Pekerjaan Pasang Bekisting Wingwall	5 days	Tue 25/06/24	Sat 29/06/24	90	92
92		Jembatan STA 43+425 A1 - Pekerjaan Pengecoran Wingwall	1 day	Sun 30/06/24	Sun 30/06/24	91	93FS+3 days
93		Jembatan STA 43+425 A1 - Pekerjaan Bongkar Bekisting Wingwall	2 days	Thu 04/07/24	Fri 05/07/24	92FS+3 days	112FS+1 day
94		**Abutment 2**	**106 days**	**Mon 11/03/24**	**Mon 01/07/24**		
95		Jembatan STA 43+425 A2 - Pekerjaan Borepile	48 days	Mon 11/03/24	Sat 04/05/24	74SS+7 days	96SS
96		Jembatan STA 43+425 A2 - Fabrikasi Pembesian Borepile	7 days	Mon 11/03/24	Sun 17/03/24	95SS	97SS+2 days
97		Jembatan STA 43+425 A2 - Pemasangan Pembesian Borepile	45 days	Wed 13/03/24	Fri 03/05/24	96SS+2 days	98FS-20 days
98		Jembatan STA 43+425 A2 - Pengecoran Borepile	27 days	Sun 07/04/24	Fri 10/05/24	97FS-20 days	99FS+3 days
99		Jembatan STA 43+425 A2 - Pembobokan Borepile	3 days	Tue 14/05/24	Thu 16/05/24	98FS+3 days	100
100		Jembatan STA 43+425 A2 - Pekerjaan Pasang Bekisting Lean Concrete	1 day	Fri 17/05/24	Fri 17/05/24	99	101
101		Jembatan STA 43+425 A2 - Pekerjaan Lean Concrete	3 days	Sat 18/05/24	Mon 20/05/24	100	102FS+3 days
102		Jembatan STA 43+425 A2 - Pekerjaan Bongkar Bekisting Lean Concrete	1 day	Fri 24/05/24	Fri 24/05/24	101FS+3 days	103SS
103		Jembatan STA 43+425 A2 - Pekerjaan Pembesian Pilecap	6 days	Fri 24/05/24	Wed 29/05/24	102SS	104
104		Jembatan STA 43+425 A2 - Pekerjaan Pasang Bekisting Pilecap	2 days	Thu 30/05/24	Fri 31/05/24	103	105
105		Jembatan STA 43+425 A2 - Pekerjaan Pengecoran Pilecap	2 days	Sat 01/06/24	Sun 02/06/24	104	106FS+3 days

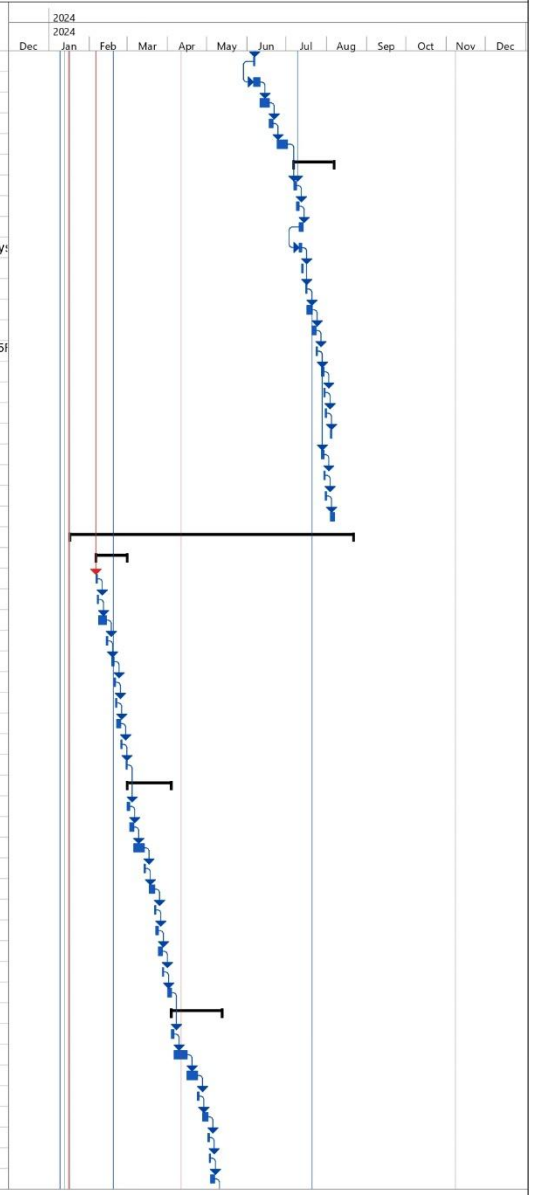


Project: Schedule Probowangi P
Date: Wed 30/07/25

Task
Split
Milestone
Summary
Project Summary
Inactive Task
Inactive Milestone
Inactive Summary
Manual Task
Duration-only
Manual Summary Rollup
Manual Summary
Start-only
Finish-only
External Tasks
External Milestone
Deadline
Critical
Critical Split
Progress
Manual Progress

PROYEK AKHIR PENJADWALAN METODE KONVENSIONAL PROYEK JALAN TOL PROBOLLINGGO BANYUWANGI PAKET 3B ZONA 2

ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Successors
106		Jembatan STA 43+425 A2 - Pekerjaan Bongkar Bekisting Pilecap	1 day	Thu 06/06/24	Thu 06/06/24	105FS+3 days	107SS
107		Jembatan STA 43+425 A2 - Pekerjaan Pembesian Abutment	5 days	Thu 06/06/24	Mon 10/06/24	106SS	108
108		Jembatan STA 43+425 A2 - Pekerjaan Pasang Bekisting Abutment	7 days	Tue 11/06/24	Mon 17/06/24	107	109
109		Jembatan STA 43+425 A2 - Pekerjaan Pengecoran Abutment	3 days	Tue 18/06/24	Thu 20/06/24	108	110FS+3 days
110		Jembatan STA 43+425 A2 - Pekerjaan Bongkar Bekisting Abutment	8 days	Mon 24/06/24	Mon 01/07/24	109FS+3 days	112FS+1 day
111		**Struktur Atas**	**31 days**	**Sun 07/07/24**	**Tue 06/08/24**		
112		Jembatan STA 43+425 A1 ke A2 - Elastomeric Bearing Pad	2 days	Sun 07/07/24	Mon 08/07/24	110FS+1 day;93FS+1 da	113
113		Jembatan STA 43+425 A1 ke A2 - P.C.I Girder, Bentang = 25 - 27 m	2 days	Tue 09/07/24	Wed 10/07/24	112	114
114		Jembatan STA 43+425 A1 ke A2 - Pembesian Diafragma	3 days	Thu 11/07/24	Sat 13/07/24	113	115SS
115		Jembatan STA 43+425 A1 ke A2 - Pemasangan Bekisting Diafragma	2 days	Thu 11/07/24	Fri 12/07/24	114SS	116;117FS+3 days
116		Jembatan STA 43+425 A1 ke A2 - Pengecoran Diafragma	1 day	Sat 13/07/24	Sat 13/07/24	115	
117		Jembatan STA 43+425 A1 ke A2 - Pembongkaran Bekisting Diafragma	1 day	Tue 16/07/24	Tue 16/07/24	115FS+3 days	118;197
118		Jembatan STA 43+425 A1 ke A2 - Pemasangan Bondex	4 days	Wed 17/07/24	Sat 20/07/24	117	119
119		Jembatan STA 43+425 A1 ke A2 - Pembesian Plat Lantai	3 days	Sun 21/07/24	Tue 23/07/24	118	120
120		Jembatan STA 43+425 A1 ke A2 - Pengecoran Plat Lantai	1 day	Wed 24/07/24	Wed 24/07/24	119	121FS+3 days;125F
121		Jembatan STA 43+425 A1 - Pembesian Plat Injak	2 days	Sun 28/07/24	Mon 29/07/24	120FS+3 days	122
122		Jembatan STA 43+425 A1- Pemasangan Bekisting Plat Injak	1 day	Tue 30/07/24	Tue 30/07/24	121	123
123		Jembatan STA 43+425 A1 - Pengecoran Plat Injak	1 day	Wed 31/07/24	Wed 31/07/24	122	124FS+3 days
124		Jembatan STA 43+425 A1 - Pembongkaran Bekisting Plat Injak	1 day	Sun 04/08/24	Sun 04/08/24	123FS+3 days	
125		Jembatan STA 43+425 A2 - Pembesian Plat Injak	2 days	Sun 28/07/24	Mon 29/07/24	120FS+3 days	126
126		Jembatan STA 43+425 A2- Pemasangan Bekisting Plat Injak	1 day	Tue 30/07/24	Tue 30/07/24	125	127
127		Jembatan STA 43+425 A2 - Pengecoran Plat Injak	1 day	Wed 31/07/24	Wed 31/07/24	126	128FS+3 days
128		Jembatan STA 43+425 A2 - Pembongkaran Bekisting Plat Injak	3 days	Sun 04/08/24	Tue 06/08/24	127FS+3 days	
129		**Box Underpass**	**211 days**	**Wed 17/01/24**	**Wed 21/08/24**		
130		**Box Underpass STA 32+013**	**24 days**	**Tue 06/02/24**	**Thu 29/02/24**		
131		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Tue 06/02/24	Tue 06/02/24	9FS+10 days	132
132		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Wed 07/02/24	Wed 07/02/24	131	133
133		Pemasangan Bekisting	6 days	Thu 08/02/24	Tue 13/02/24	132	134
134		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Wed 14/02/24	Wed 14/02/24	133	135FS+3 days
135		Pembongkaran Bekisting Badan Box	2 days	Sun 18/02/24	Mon 19/02/24	134FS+3 days	136
136		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Tue 20/02/24	Tue 20/02/24	135	137
137		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Wed 21/02/24	Wed 21/02/24	136	138
138		Pemasangan Bekisting Wing Wall	3 days	Thu 22/02/24	Sat 24/02/24	137	139
139		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Sun 25/02/24	Sun 25/02/24	138	140FS+3 days
140		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Thu 29/02/24	Thu 29/02/24	139FS+3 days	142
141		**Box Underpass STA 32+267**	**34 days**	**Fri 01/03/24**	**Wed 03/04/24**		
142		Pengecoran LC Badan Box	2 days	Fri 01/03/24	Sat 02/03/24	140	143
143		Pemasangan Pembesian Badan Box	3 days	Sun 03/03/24	Tue 05/03/24	142	144
144		Pemasangan Bekisting	8 days	Wed 06/03/24	Wed 13/03/24	143	145
145		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Thu 14/03/24	Thu 14/03/24	144	146FS+3 days
146		Pembongkaran Bekisting Badan Box	4 days	Mon 18/03/24	Thu 21/03/24	145FS+3 days	147
147		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Fri 22/03/24	Fri 22/03/24	146	148
148		Pemasangan Pembesian Wing Wall	2 days	Sat 23/03/24	Sun 24/03/24	147	149
149		Pemasangan Bekisting Wing Wall	3 days	Mon 25/03/24	Wed 27/03/24	148	150
150		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Thu 28/03/24	Thu 28/03/24	149	151FS+3 days
151		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	3 days	Mon 01/04/24	Wed 03/04/24	150FS+3 days	153
152		**Box Underpass STA 32+648**	**32 days**	**Thu 04/04/24**	**Sun 12/05/24**		
153		Pengecoran LC Badan Box	2 days	Thu 04/04/24	Fri 05/04/24	151	154
154		Pemasangan Pembesian Badan Box	3 days	Sat 06/04/24	Mon 15/04/24	153	155
155		Pemasangan Bekisting	8 days	Tue 16/04/24	Tue 23/04/24	154	156
156		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Wed 24/04/24	Wed 24/04/24	155	157FS+3 days
157		Pembongkaran Bekisting Badan Box	4 days	Sun 28/04/24	Wed 01/05/24	156FS+3 days	158
158		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Thu 02/05/24	Thu 02/05/24	157	159
159		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Fri 03/05/24	Fri 03/05/24	158	160
160		Pemasangan Bekisting Wing Wall	3 days	Sat 04/05/24	Mon 06/05/24	159	161

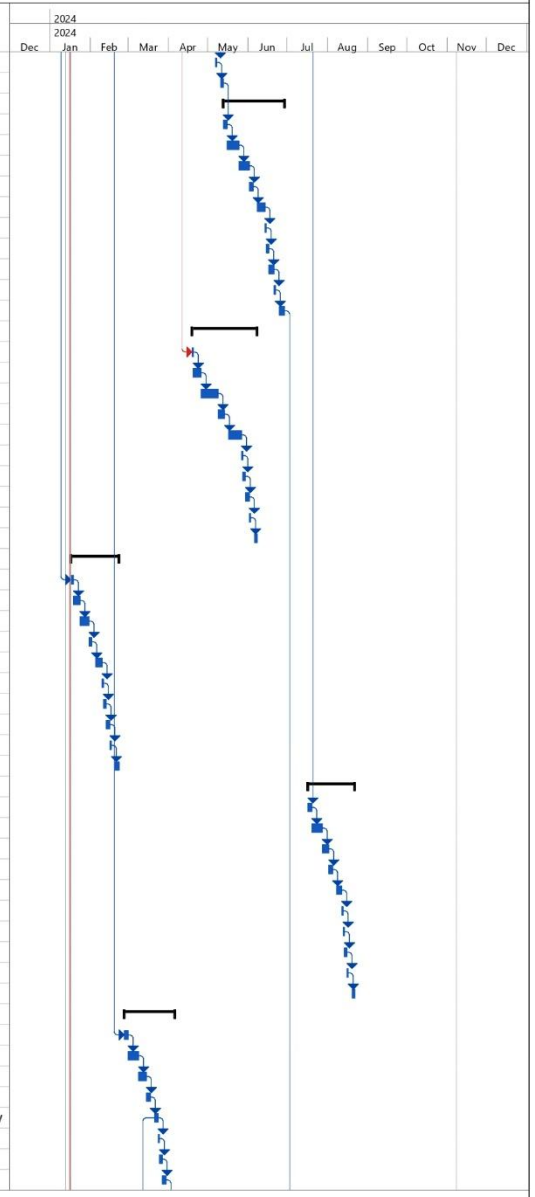


Project: Schedule Probowangi P
Date: Wed 30/07/25

Task
Split
Milestone
Summary
Project Summary
Inactive Task
Inactive Milestone
Inactive Summary
Manual Task
Duration-only
Manual Summary Rollup
Manual Summary
Start-only
Finish-only
External Tasks
External Milestone
Deadline
Critical
Critical Split
Progress
Manual Progress

PROYEK AKHIR PENJADWALAN METODE KONVENSIONAL PROYEK JALAN TOL PROBOLLINGGO BANYUWANGI PAKET 3B ZONA 2

ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Successors
161		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Tue 07/05/24	Tue 07/05/24	160	162FS+3 days
162		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	2 days	Sat 11/05/24	Sun 12/05/24	161FS+3 days	164
163		**Box Underpass STA 33+063**	**47 days**	**Mon 13/05/24**	**Fri 28/06/24**		
164		Pengecoran LC Badan Box	3 days	Mon 13/05/24	Wed 15/05/24	162	165
165		Pemasangan Pembesian Badan Box	9 days	Thu 16/05/24	Fri 24/05/24	164	166
166		Pemasangan Bekisting	8 days	Sat 25/05/24	Sat 01/06/24	165	167
167		Pengecoran Badan Box C2	3 days	Sun 02/06/24	Tue 04/06/24	166	168FS+3 days
168		Pembongkaran Bekisting Badan Box	6 days	Sat 08/06/24	Thu 13/06/24	167FS+3 days	169
169		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Fri 14/06/24	Fri 14/06/24	168	170
170		Pemasangan Pembesian Wing Wall	2 days	Sat 15/06/24	Sun 16/06/24	169	171
171		Pemasangan Bekisting Wing Wall	4 days	Mon 17/06/24	Thu 20/06/24	170	172
172		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Fri 21/06/24	Fri 21/06/24	171	173FS+3 days
173		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	4 days	Tue 25/06/24	Fri 28/06/24	172FS+3 days	220
174		**Box Underpass STA 36+048**	**50 days**	**Fri 19/04/24**	**Fri 07/06/24**		
175		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Fri 19/04/24	Fri 19/04/24	25SS+3 days	176
176		Pemasangan Pembesian Badan Box	6 days	Sat 20/04/24	Thu 25/04/24	175	177
177		Pemasangan Bekisting	13 days	Fri 26/04/24	Wed 08/05/24	176	178
178		Pengecoran Badan Box C2	5 days	Thu 09/05/24	Mon 13/05/24	177	179FS+3 days
179		Pembongkaran Bekisting Badan Box	10 days	Fri 17/05/24	Sun 26/05/24	178FS+3 days	180
180		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Mon 27/05/24	Mon 27/05/24	179	181
181		Pemasangan Pembesian Wing Wall	2 days	Tue 28/05/24	Wed 29/05/24	180	182
182		Pemasangan Bekisting Wing Wall	3 days	Thu 30/05/24	Sat 01/06/24	181	183
183		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Sun 02/06/24	Sun 02/06/24	182	184FS+3 days
184		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	2 days	Thu 06/06/24	Fri 07/06/24	183FS+3 days	
185		**Box Underpass STA 42+994**	**37 days**	**Wed 17/01/24**	**Thu 22/02/24**		
186		Pengecoran LC Badan Box	2 days	Wed 17/01/24	Thu 18/01/24	29SS	187
187		Pemasangan Pembesian Badan Box	5 days	Fri 19/01/24	Tue 23/01/24	186	188
188		Pemasangan Bekisting	7 days	Wed 24/01/24	Tue 30/01/24	187	189
189		Pengecoran Badan Box C2	2 days	Wed 31/01/24	Thu 01/02/24	188	190FS+3 days
190		Pembongkaran Bekisting Badan Box	5 days	Mon 05/02/24	Fri 09/02/24	189FS+3 days	191
191		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Sat 10/02/24	Sat 10/02/24	190	192
192		Pemasangan Pembesian Wing Wall	2 days	Sun 11/02/24	Mon 12/02/24	191	193
193		Pemasangan Bekisting Wing Wall	3 days	Tue 13/02/24	Thu 15/02/24	192	194
194		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Fri 16/02/24	Fri 16/02/24	193	195FS+3 days
195		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	3 days	Tue 20/02/24	Thu 22/02/24	194FS+3 days	
196		**Box Underpass STA 43+472**	**36 days**	**Wed 17/07/24**	**Wed 21/08/24**		
197		Pengecoran LC Badan Box	3 days	Wed 17/07/24	Fri 19/07/24	117	198
198		Pemasangan Pembesian Badan Box	8 days	Sat 20/07/24	Sat 27/07/24	197	199
199		Pemasangan Bekisting	5 days	Sun 28/07/24	Thu 01/08/24	198	200
200		Pengecoran Badan Box C2	3 days	Fri 02/08/24	Sun 04/08/24	199	201FS+3 days
201		Pembongkaran Bekisting Badan Box	4 days	Thu 08/08/24	Sun 11/08/24	200FS+3 days	202
202		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Mon 12/08/24	Mon 12/08/24	201	203
203		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Tue 13/08/24	Tue 13/08/24	202	204
204		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Wed 14/08/24	Thu 15/08/24	203	205
205		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Fri 16/08/24	Fri 16/08/24	204	206FS+3 days
206		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	2 days	Tue 20/08/24	Wed 21/08/24	205FS+3 days	
207		**Box Underpass STA 44+285**	**39 days**	**Tue 27/02/24**	**Fri 05/04/24**		
208		Pengecoran LC Badan Box	3 days	Tue 27/02/24	Thu 29/02/24	35SS+3 days	209
209		Pemasangan Pembesian Badan Box	8 days	Fri 01/03/24	Fri 08/03/24	208	210
210		Pemasangan Bekisting	6 days	Sat 09/03/24	Thu 14/03/24	209	211
211		Pengecoran Badan Box C2	3 days	Fri 15/03/24	Sun 17/03/24	210	212FS+3 days
212		Pembongkaran Bekisting Badan Box	3 days	Thu 21/03/24	Sat 23/03/24	211FS+3 days	213;442SS-1 day
213		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Sun 24/03/24	Sun 24/03/24	212	214
214		Pemasangan Pembesian Wing Wall	2 days	Mon 25/03/24	Tue 26/03/24	213	215
215		Pemasangan Bekisting Wing Wall	3 days	Wed 27/03/24	Fri 29/03/24	214	216

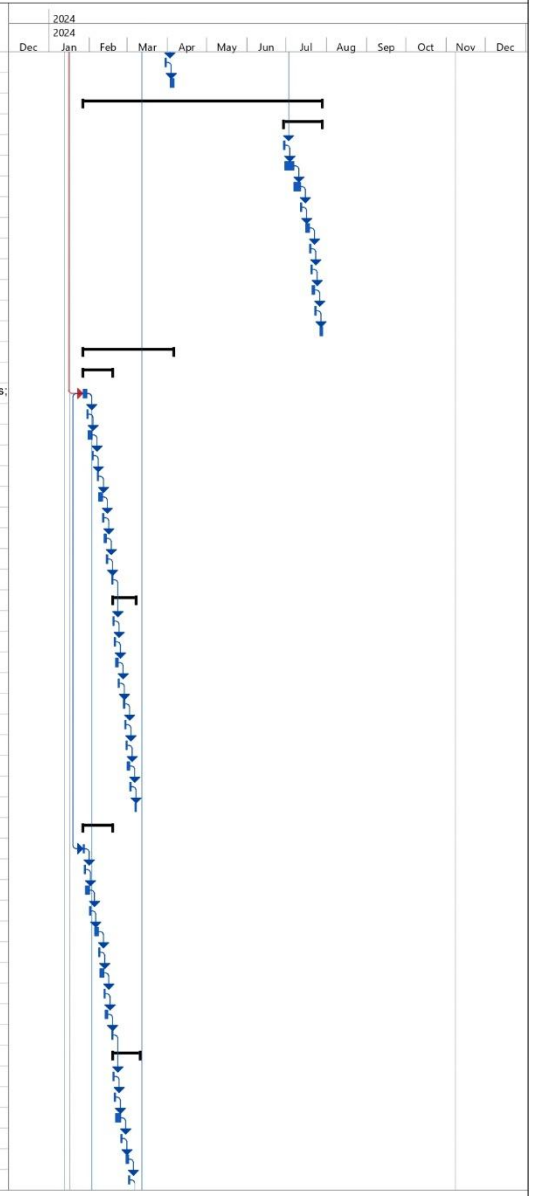


Project: Schedule Probowangi P
Date: Wed 30/07/25

Task
Split
Milestone
Summary
Project Summary
Inactive Task
Inactive Milestone
Inactive Summary
Manual Task
Duration-only
Manual Summary Rollup
Manual Summary
Start-only
Finish-only
External Tasks
External Milestone
Deadline
Critical
Critical Split
Progress
Manual Progress

PROYEK AKHIR PENJADWALAN METODE KONVENSIONAL PROYEK JALAN TOL PROBOLLINGGO BANYUWANGI PAKET 3B ZONA 2

ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Successors
216		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Sat 30/03/24	Sat 30/03/24	215	217FS+3 days
217		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	3 days	Wed 03/04/24	Fri 05/04/24	216FS+3 days	
218		**Box Pedestrian**	**177 days**	**Sat 27/01/24**	**Sun 28/07/24**		
219		**Box Pedestrian**	**30 days**	**Sat 29/06/24**	**Sun 28/07/24**		
220		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Sat 29/06/24	Sat 29/06/24	173	221
221		Pemasangan Pembesian Badan Box	7 days	Sun 30/06/24	Sat 06/07/24	220	222
222		Pemasangan Bekisting	5 days	Sun 07/07/24	Thu 11/07/24	221	223
223		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Fri 12/07/24	Fri 12/07/24	222	224FS+3 days
224		Pembongkaran Bekisting Badan Box	3 days	Tue 16/07/24	Thu 18/07/24	223FS+3 days	225
225		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Fri 19/07/24	Fri 19/07/24	224	226
226		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Sat 20/07/24	Sat 20/07/24	225	227
227		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Sun 21/07/24	Mon 22/07/24	226	228
228		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Tue 23/07/24	Tue 23/07/24	227	229FS+3 days
229		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	2 days	Sat 27/07/24	Sun 28/07/24	228FS+3 days	
230		**Box Culvert**	**70 days**	**Sat 27/01/24**	**Fri 05/04/24**		
231		**Box Culvert STA 32+055**	**23 days**	**Sat 27/01/24**	**Sun 18/02/24**		
232		Pengecoran LC Badan Box	3 days	Sat 27/01/24	Mon 29/01/24	15SS+7 days	233;276FS+2 days;
233		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Tue 30/01/24	Tue 30/01/24	232	234
234		Pemasangan Bekisting	3 days	Wed 31/01/24	Fri 02/02/24	233	235
235		Pengecoran Badan Box	1 day	Sat 03/02/24	Sat 03/02/24	234	236FS+3 days
236		Pembongkaran Bekisting Badan Box	1 day	Wed 07/02/24	Wed 07/02/24	235FS+3 days	237
237		Pengecoran LC Wing Wall	3 days	Thu 08/02/24	Sat 10/02/24	236	238
238		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Sun 11/02/24	Sun 11/02/24	237	239
239		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Mon 12/02/24	Tue 13/02/24	238	240
240		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Wed 14/02/24	Wed 14/02/24	239	241FS+3 days
241		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Sun 18/02/24	Sun 18/02/24	240FS+3 days	243
242		**Box Culvert STA 32+175**	**18 days**	**Mon 19/02/24**	**Thu 07/03/24**		
243		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Mon 19/02/24	Mon 19/02/24	241	244
244		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Tue 20/02/24	Tue 20/02/24	243	245
245		Pemasangan Bekisting	2 days	Wed 21/02/24	Thu 22/02/24	244	246
246		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Fri 23/02/24	Fri 23/02/24	245	247FS+3 days
247		Pembongkaran Bekisting Badan Box	1 day	Tue 27/02/24	Tue 27/02/24	246FS+3 days	248
248		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Wed 28/02/24	Wed 28/02/24	247	249
249		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Thu 29/02/24	Thu 29/02/24	248	250
250		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Fri 01/03/24	Sat 02/03/24	249	251
251		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Sun 03/03/24	Sun 03/03/24	250	252FS+3 days
252		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Thu 07/03/24	Thu 07/03/24	251FS+3 days	
253		**Box Culvert STA 32+334**	**23 days**	**Sat 27/01/24**	**Sun 18/02/24**		
254		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Sat 27/01/24	Sat 27/01/24	232SS	255
255		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Sun 28/01/24	Sun 28/01/24	254	256
256		Pemasangan Bekisting	3 days	Mon 29/01/24	Wed 31/01/24	255	257
257		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Thu 01/02/24	Thu 01/02/24	256	258FS+3 days
258		Pembongkaran Bekisting Badan Box	3 days	Mon 05/02/24	Wed 07/02/24	257FS+3 days	259
259		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Thu 08/02/24	Thu 08/02/24	258	260
260		Pemasangan Pembesian Wing Wall	3 days	Fri 09/02/24	Sun 11/02/24	259	261
261		Pemasangan Bekisting Wing Wall	1 day	Mon 12/02/24	Mon 12/02/24	260	262
262		Pengecoran Wing Wall Box C2	2 days	Tue 13/02/24	Wed 14/02/24	261	263FS+3 days
263		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Sun 18/02/24	Sun 18/02/24	262FS+3 days	265
264		**Box Culvert STA 32+427**	**21 days**	**Mon 19/02/24**	**Sun 10/03/24**		
265		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Mon 19/02/24	Mon 19/02/24	263	266
266		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Tue 20/02/24	Tue 20/02/24	265	267
267		Pemasangan Bekisting	4 days	Wed 21/02/24	Sat 24/02/24	266	268
268		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Sun 25/02/24	Sun 25/02/24	267	269FS+3 days
269		Pembongkaran Bekisting Badan Box	2 days	Thu 29/02/24	Fri 01/03/24	268FS+3 days	270
270		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Sat 02/03/24	Sat 02/03/24	269	271

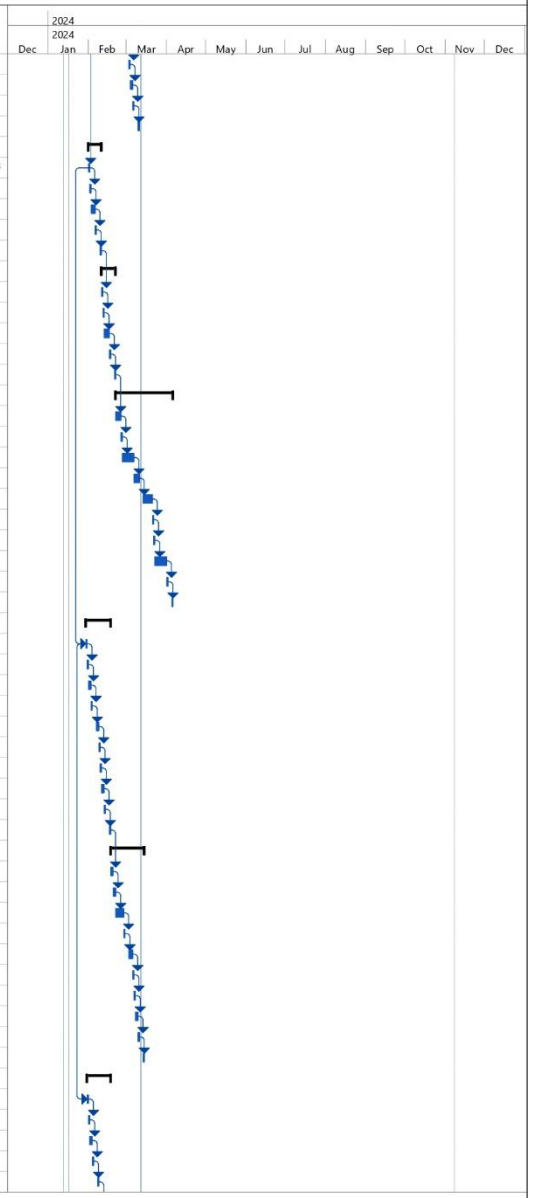


Project: Schedule Probowangi P
Date: Wed 30/07/25

Task
Split
Milestone
Summary
Project Summary
Inactive Task
Inactive Milestone
Inactive Summary
Manual Task
Duration-only
Manual Summary Rollup
Manual Summary
Start-only
Finish-only
External Tasks
External Milestone
Deadline
Critical
Critical Split
Progress
Manual Progress

PROYEK AKHIR PENJADWALAN METODE KONVENSIONAL PROYEK JALAN TOL PROBOLLINGGO BANYUWANGI PAKET 3B ZONA 2

ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Successors
271		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Sun 03/03/24	Sun 03/03/24	270	272
272		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Mon 04/03/24	Tue 05/03/24	271	273
273		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Wed 06/03/24	Wed 06/03/24	272	274FS+3 days
274		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Sun 10/03/24	Sun 10/03/24	273FS+3 days	
275		**Box Culvert STA 32+650**	**10 days**	**Thu 01/02/24**	**Sat 10/02/24**		
276		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Thu 01/02/24	Thu 01/02/24	232FS+2 days	277;299SS-2 days
277		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Fri 02/02/24	Fri 02/02/24	276	278
278		Pemasangan Bekisting	3 days	Sat 03/02/24	Mon 05/02/24	277	279
279		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Tue 06/02/24	Tue 06/02/24	278	280FS+3 days
280		Pembongkaran Bekisting Badan Box	1 day	Sat 10/02/24	Sat 10/02/24	279FS+3 days	282
281		**Box Culvert STA 33+050**	**11 days**	**Sun 11/02/24**	**Wed 21/02/24**		
282		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Sun 11/02/24	Sun 11/02/24	280	283
283		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Mon 12/02/24	Mon 12/02/24	282	284
284		Pemasangan Bekisting	4 days	Tue 13/02/24	Fri 16/02/24	283	285
285		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Sat 17/02/24	Sat 17/02/24	284	286FS+3 days
286		Pembongkaran Bekisting Badan Box	1 day	Wed 21/02/24	Wed 21/02/24	285FS+3 days	288
287		**Box Culvert STA 33+270**	**44 days**	**Thu 22/02/24**	**Fri 05/04/24**		
288		Pengecoran LC Badan Box	4 days	Thu 22/02/24	Sun 25/02/24	286	289
289		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Mon 26/02/24	Mon 26/02/24	288	290
290		Pemasangan Bekisting	9 days	Tue 27/02/24	Wed 06/03/24	289	291
291		Pengecoran Badan Box C2	4 days	Thu 07/03/24	Sun 10/03/24	290	292FS+3 days
292		Pembongkaran Bekisting Badan Box	7 days	Thu 14/03/24	Wed 20/03/24	291FS+3 days	293
293		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Thu 21/03/24	Thu 21/03/24	292	294
294		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Fri 22/03/24	Fri 22/03/24	293	295
295		Pemasangan Bekisting Wing Wall	9 days	Sat 23/03/24	Sun 31/03/24	294	296
296		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Mon 01/04/24	Mon 01/04/24	295	297FS+3 days
297		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Fri 05/04/24	Fri 05/04/24	296FS+3 days	
298		**Box Culvert STA 33+415**	**19 days**	**Tue 30/01/24**	**Sat 17/02/24**		
299		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Tue 30/01/24	Tue 30/01/24	276SS-2 days	300;321SS+1 day
300		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Wed 31/01/24	Wed 31/01/24	299	301
301		Pemasangan Bekisting	2 days	Thu 01/02/24	Fri 02/02/24	300	302
302		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Sat 03/02/24	Sat 03/02/24	301	303FS+3 days
303		Pembongkaran Bekisting Badan Box	2 days	Wed 07/02/24	Thu 08/02/24	302FS+3 days	304
304		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Fri 09/02/24	Fri 09/02/24	303	305
305		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Sat 10/02/24	Sat 10/02/24	304	306
306		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Sun 11/02/24	Mon 12/02/24	305	307
307		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Tue 13/02/24	Tue 13/02/24	306	308FS+3 days
308		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Sat 17/02/24	Sat 17/02/24	307FS+3 days	310
309		**Box Culvert STA 34+950**	**26 days**	**Sun 18/02/24**	**Thu 14/03/24**		
310		Pengecoran LC Badan Box	2 days	Sun 18/02/24	Mon 19/02/24	308	311
311		Pemasangan Pembesian Badan Box	2 days	Tue 20/02/24	Wed 21/02/24	310	312
312		Pemasangan Bekisting	6 days	Thu 22/02/24	Tue 27/02/24	311	313
313		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Wed 28/02/24	Wed 28/02/24	312	314FS+3 days
314		Pembongkaran Bekisting Badan Box	3 days	Sun 03/03/24	Tue 05/03/24	313FS+3 days	315
315		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Wed 06/03/24	Wed 06/03/24	314	316
316		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Thu 07/03/24	Thu 07/03/24	315	317
317		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Fri 08/03/24	Sat 09/03/24	316	318
318		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Sun 10/03/24	Sun 10/03/24	317	319FS+3 days
319		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Thu 14/03/24	Thu 14/03/24	318FS+3 days	
320		**Box Culvert STA 35+120**	**18 days**	**Wed 31/01/24**	**Sat 17/02/24**		
321		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Wed 31/01/24	Wed 31/01/24	299SS+1 day	322
322		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Thu 01/02/24	Thu 01/02/24	321	323
323		Pemasangan Bekisting	2 days	Fri 02/02/24	Sat 03/02/24	322	324
324		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Sun 04/02/24	Sun 04/02/24	323	325FS+3 days
325		Pembongkaran Bekisting Badan Box	1 day	Thu 08/02/24	Thu 08/02/24	324FS+3 days	326

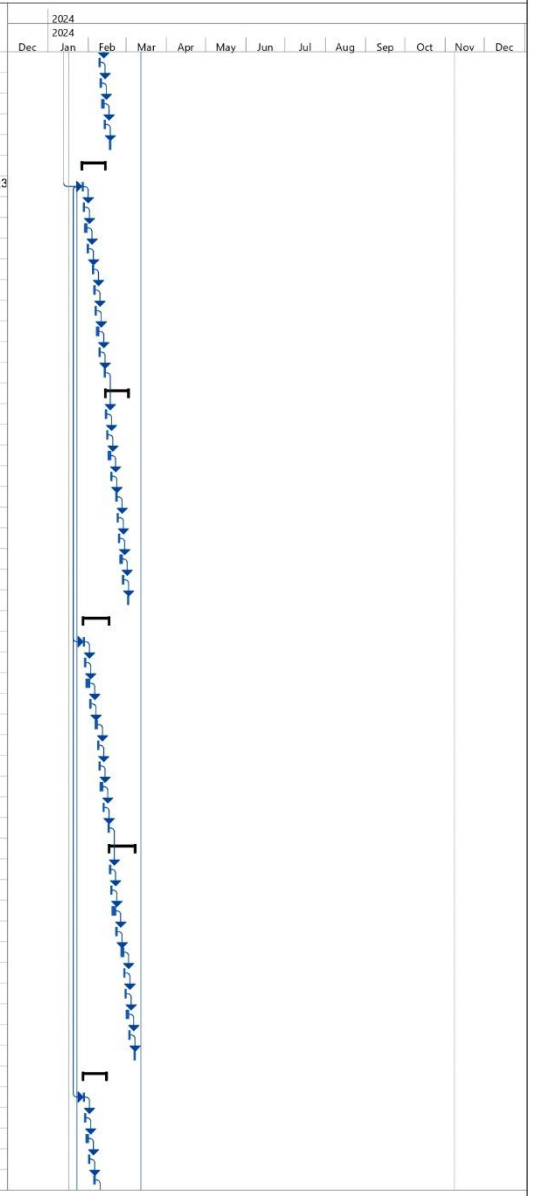


Project: Schedule Probowangi P
Date: Wed 30/07/25

Task
Split
Milestone
Summary
Project Summary
Inactive Task
Inactive Milestone
Inactive Summary
Manual Task
Duration-only
Manual Summary Rollup
Manual Summary
Start-only
Finish-only
External Tasks
External Milestone
Deadline
Critical
Critical Split
Progress
Manual Progress

PROYEK AKHIR PENJADWALAN METODE KONVENSIONAL PROYEK JALAN TOL PROBOLLINGGO BANYUWANGI PAKET 3B ZONA 2

ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Successors
326		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Fri 09/02/24	Fri 09/02/24	325	327
327		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Sat 10/02/24	Sat 10/02/24	326	328
328		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Sun 11/02/24	Mon 12/02/24	327	329
329		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Tue 13/02/24	Tue 13/02/24	328	330FS+3 days
330		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Sat 17/02/24	Sat 17/02/24	329FS+3 days	
331		**Box Culvert STA 43+160**	**18 days**	**Sat 27/01/24**	**Tue 13/02/24**		
332		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Sat 27/01/24	Sat 27/01/24	29SS+10 days	333;354SS+1 day;3
333		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Sun 28/01/24	Sun 28/01/24	332	334
334		Pemasangan Bekisting	2 days	Mon 29/01/24	Tue 30/01/24	333	335
335		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Wed 31/01/24	Wed 31/01/24	334	336FS+3 days
336		Pembongkaran Bekisting Badan Box	1 day	Sun 04/02/24	Sun 04/02/24	335FS+3 days	337
337		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Mon 05/02/24	Mon 05/02/24	336	338
338		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Tue 06/02/24	Tue 06/02/24	337	339
339		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Wed 07/02/24	Thu 08/02/24	338	340
340		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Fri 09/02/24	Fri 09/02/24	339	341FS+3 days
341		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Tue 13/02/24	Tue 13/02/24	340FS+3 days	343
342		**Box Culvert STA 43+220**	**18 days**	**Wed 14/02/24**	**Sat 02/03/24**		
343		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Wed 14/02/24	Wed 14/02/24	341	344
344		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Thu 15/02/24	Thu 15/02/24	343	345
345		Pemasangan Bekisting	2 days	Fri 16/02/24	Sat 17/02/24	344	346
346		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Sun 18/02/24	Sun 18/02/24	345	347FS+3 days
347		Pembongkaran Bekisting Badan Box	1 day	Thu 22/02/24	Thu 22/02/24	346FS+3 days	348
348		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Fri 23/02/24	Fri 23/02/24	347	349
349		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Sat 24/02/24	Sat 24/02/24	348	350
350		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Sun 25/02/24	Mon 26/02/24	349	351
351		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Tue 27/02/24	Tue 27/02/24	350	352FS+3 days
352		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Sat 02/03/24	Sat 02/03/24	351FS+3 days	
353		**Box Culvert STA 43+375**	**20 days**	**Sun 28/01/24**	**Fri 16/02/24**		
354		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Sun 28/01/24	Sun 28/01/24	332SS+1 day	355
355		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Mon 29/01/24	Mon 29/01/24	354	356
356		Pemasangan Bekisting	3 days	Tue 30/01/24	Thu 01/02/24	355	357
357		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Fri 02/02/24	Fri 02/02/24	356	358FS+3 days
358		Pembongkaran Bekisting Badan Box	2 days	Tue 06/02/24	Wed 07/02/24	357FS+3 days	359
359		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Thu 08/02/24	Thu 08/02/24	358	360
360		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Fri 09/02/24	Fri 09/02/24	359	361
361		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Sat 10/02/24	Sun 11/02/24	360	362
362		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Mon 12/02/24	Mon 12/02/24	361	363FS+3 days
363		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Fri 16/02/24	Fri 16/02/24	362FS+3 days	365
364		**Box Culvert STA 43+590**	**20 days**	**Sat 17/02/24**	**Thu 07/03/24**		
365		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Sat 17/02/24	Sat 17/02/24	363	366
366		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Sun 18/02/24	Sun 18/02/24	365	367
367		Pemasangan Bekisting	3 days	Mon 19/02/24	Wed 21/02/24	366	368
368		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Thu 22/02/24	Thu 22/02/24	367	369FS+3 days
369		Pembongkaran Bekisting Badan Box	2 days	Mon 26/02/24	Tue 27/02/24	368FS+3 days	370
370		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Wed 28/02/24	Wed 28/02/24	369	371
371		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Thu 29/02/24	Thu 29/02/24	370	372
372		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Fri 01/03/24	Sat 02/03/24	371	373
373		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Sun 03/03/24	Sun 03/03/24	372	374FS+3 days
374		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Thu 07/03/24	Thu 07/03/24	373FS+3 days	
375		**Box Culvert STA 43+690**	**18 days**	**Sun 28/01/24**	**Wed 14/02/24**		
376		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Sun 28/01/24	Sun 28/01/24	332SS+1 day	377
377		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Mon 29/01/24	Mon 29/01/24	376	378
378		Pemasangan Bekisting	2 days	Tue 30/01/24	Wed 31/01/24	377	379
379		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Thu 01/02/24	Thu 01/02/24	378	380FS+3 days
380		Pembongkaran Bekisting Badan Box	1 day	Mon 05/02/24	Mon 05/02/24	379FS+3 days	381

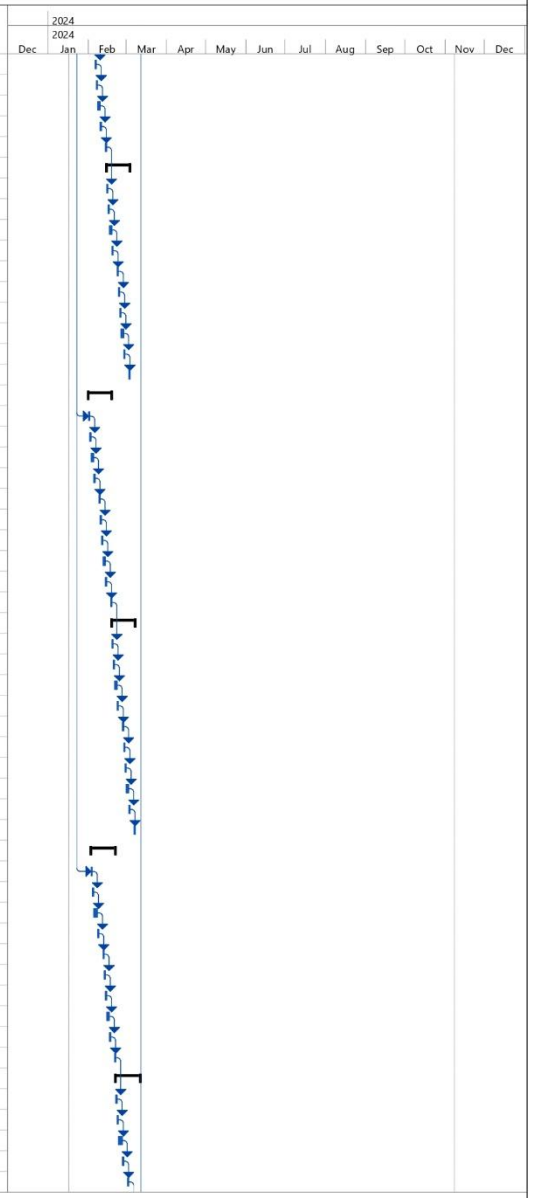


Project: Schedule Probowangi P
Date: Wed 30/07/25

Task
Split
Milestone
Summary
Project Summary
Inactive Task
Inactive Milestone
Inactive Summary
Manual Task
Duration-only
Manual Summary Rollup
Manual Summary
Start-only
Finish-only
External Tasks
External Milestone
Deadline
Critical
Critical Split
Progress
Manual Progress

PROYEK AKHIR PENJADWALAN METODE KONVENSIONAL PROYEK JALAN TOL PROBOLLINGGO BANYUWANGI PAKET 3B ZONA 2

ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Successors
381		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Tue 06/02/24	Tue 06/02/24	380	382
382		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Wed 07/02/24	Wed 07/02/24	381	383
383		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Thu 08/02/24	Fri 09/02/24	382	384
384		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Sat 10/02/24	Sat 10/02/24	383	385FS+3 days
385		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Wed 14/02/24	Wed 14/02/24	384FS+3 days	387
386		**Box Culvert STA 43+810**	**18 days**	**Thu 15/02/24**	**Sun 03/03/24**		
387		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Thu 15/02/24	Thu 15/02/24	385	388
388		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Fri 16/02/24	Fri 16/02/24	387	389
389		Pemasangan Bekisting	2 days	Sat 17/02/24	Sun 18/02/24	388	390
390		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Mon 19/02/24	Mon 19/02/24	389	391FS+3 days
391		Pembongkaran Bekisting Badan Box	1 day	Fri 23/02/24	Fri 23/02/24	390FS+3 days	392
392		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Sat 24/02/24	Sat 24/02/24	391	393
393		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Sun 25/02/24	Sun 25/02/24	392	394
394		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Mon 26/02/24	Tue 27/02/24	393	395
395		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Wed 28/02/24	Wed 28/02/24	394	396FS+3 days
396		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Sun 03/03/24	Sun 03/03/24	395FS+3 days	
397		**Box Culvert STA 43+910**	**18 days**	**Thu 01/02/24**	**Sun 18/02/24**		
398		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Thu 01/02/24	Thu 01/02/24	332SS+5 days	399
399		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Fri 02/02/24	Fri 02/02/24	398	400
400		Pemasangan Bekisting	2 days	Sat 03/02/24	Sun 04/02/24	399	401
401		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Mon 05/02/24	Mon 05/02/24	400	402FS+3 days
402		Pembongkaran Bekisting Badan Box	1 day	Fri 09/02/24	Fri 09/02/24	401FS+3 days	403
403		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Sat 10/02/24	Sat 10/02/24	402	404
404		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Sun 11/02/24	Sun 11/02/24	403	405
405		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Mon 12/02/24	Tue 13/02/24	404	406
406		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Wed 14/02/24	Wed 14/02/24	405	407FS+3 days
407		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Sun 18/02/24	Sun 18/02/24	406FS+3 days	409
408		**Box Culvert STA 44+010**	**18 days**	**Mon 19/02/24**	**Thu 07/03/24**		
409		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Mon 19/02/24	Mon 19/02/24	407	410
410		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Tue 20/02/24	Tue 20/02/24	409	411
411		Pemasangan Bekisting	2 days	Wed 21/02/24	Thu 22/02/24	410	412
412		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Fri 23/02/24	Fri 23/02/24	411	413FS+3 days
413		Pembongkaran Bekisting Badan Box	1 day	Tue 27/02/24	Tue 27/02/24	412FS+3 days	414
414		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Wed 28/02/24	Wed 28/02/24	413	415
415		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Thu 29/02/24	Thu 29/02/24	414	416
416		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Fri 01/03/24	Sat 02/03/24	415	417
417		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Sun 03/03/24	Sun 03/03/24	416	418FS+3 days
418		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Thu 07/03/24	Thu 07/03/24	417FS+3 days	
419		**Box Culvert STA 44+160**	**19 days**	**Sat 03/02/24**	**Wed 21/02/24**		
420		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Sat 03/02/24	Sat 03/02/24	332SS+7 days	421
421		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Sun 04/02/24	Sun 04/02/24	420	422
422		Pemasangan Bekisting	3 days	Mon 05/02/24	Wed 07/02/24	421	423
423		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Thu 08/02/24	Thu 08/02/24	422	424FS+3 days
424		Pembongkaran Bekisting Badan Box	1 day	Mon 12/02/24	Mon 12/02/24	423FS+3 days	425
425		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Tue 13/02/24	Tue 13/02/24	424	426
426		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Wed 14/02/24	Wed 14/02/24	425	427
427		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Thu 15/02/24	Fri 16/02/24	426	428
428		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Sat 17/02/24	Sat 17/02/24	427	429FS+3 days
429		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Wed 21/02/24	Wed 21/02/24	428FS+3 days	431
430		**Box Culvert STA 44+210**	**19 days**	**Thu 22/02/24**	**Mon 11/03/24**		
431		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Thu 22/02/24	Thu 22/02/24	429	432
432		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Fri 23/02/24	Fri 23/02/24	431	433
433		Pemasangan Bekisting	3 days	Sat 24/02/24	Mon 26/02/24	432	434
434		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Tue 27/02/24	Tue 27/02/24	433	435FS+3 days
435		Pembongkaran Bekisting Badan Box	1 day	Sat 02/03/24	Sat 02/03/24	434FS+3 days	436

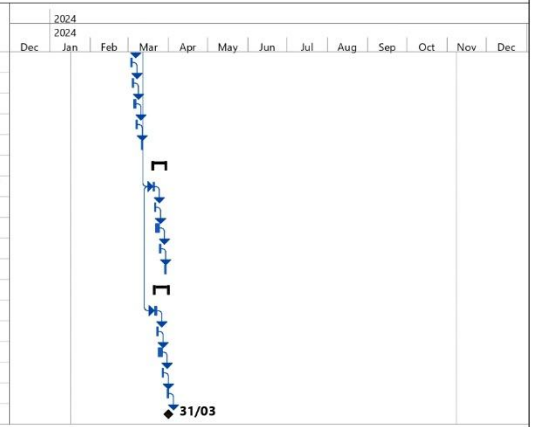


Project: Schedule Probowangi P
Date: Wed 30/07/25

Task
Split
Milestone
Summary
Project Summary
Inactive Task
Inactive Milestone
Inactive Summary
Manual Task
Duration-only
Manual Summary Rollup
Manual Summary
Start-only
Finish-only
External Tasks
External Milestone
Deadline
Critical
Critical Split
Progress
Manual Progress

PROYEK AKHIR PENJADWALAN METODE KONVENSIONAL PROYEK JALAN TOL PROBOLLINGGO BANYUWANGI PAKET 3B ZONA 2

ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Successors
436		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Sun 03/03/24	Sun 03/03/24	435	437
437		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Mon 04/03/24	Mon 04/03/24	436	438
438		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Tue 05/03/24	Wed 06/03/24	437	439
439		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Thu 07/03/24	Thu 07/03/24	438	440FS+3 days
440		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Mon 11/03/24	Mon 11/03/24	439FS+3 days	
441		**Box Culvert STA 44+277**	**10 days**	**Wed 20/03/24**	**Fri 29/03/24**		
442		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Wed 20/03/24	Wed 20/03/24	212SS-1 day	443;448SS+1 day
443		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Thu 21/03/24	Thu 21/03/24	442	444
444		Pemasangan Bekisting	3 days	Fri 22/03/24	Sun 24/03/24	443	445
445		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Mon 25/03/24	Mon 25/03/24	444	446FS+3 days
446		Pembongkaran Bekisting Badan Box	1 day	Fri 29/03/24	Fri 29/03/24	445FS+3 days	
447		**Box Culvert STA 44+293**	**11 days**	**Thu 21/03/24**	**Sun 31/03/24**		
448		Pengecoran LC Badan Box	2 days	Thu 21/03/24	Fri 22/03/24	442SS+1 day	449
449		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Sat 23/03/24	Sat 23/03/24	448	450
450		Pemasangan Bekisting	3 days	Sun 24/03/24	Tue 26/03/24	449	451
451		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Wed 27/03/24	Wed 27/03/24	450	452FS+3 days
452		Pembongkaran Bekisting Badan Box	1 day	Sun 31/03/24	Sun 31/03/24	451FS+3 days	453
453		**FINISH**	0 days	Sun 31/03/24	Sun 31/03/24	452	



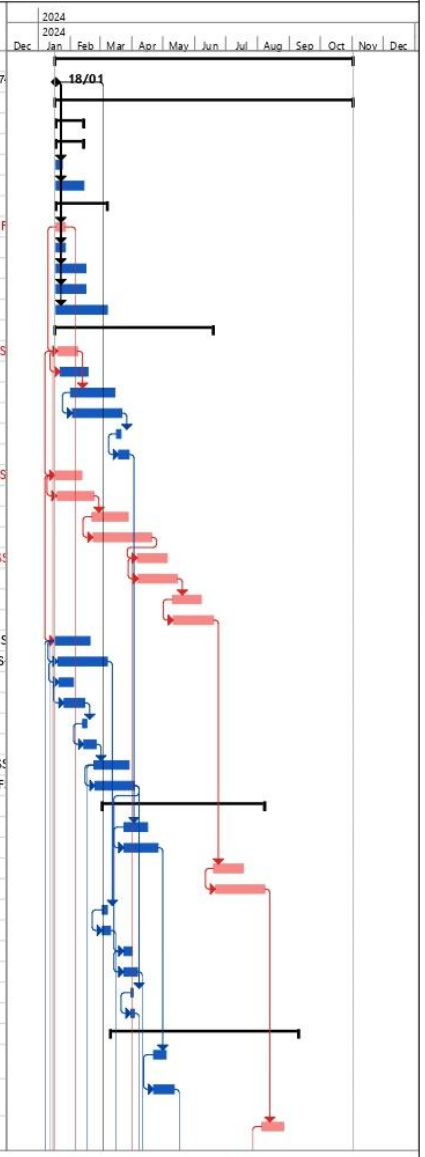
Project: Schedule Probowangi P
Date: Wed 30/07/25

Task
Split
Milestone
Summary
Project Summary
Inactive Task
Inactive Milestone
Inactive Summary
Manual Task
Duration-only
Manual Summary Rollup
Manual Summary
Start-only
Finish-only
External Tasks
External Milestone
Deadline
Critical
Critical Split
Progress
Manual Progress

Lampiran 3 Penjadwalan Ms Project Metode BIM

PROYEK AKHIR PENJADWALAN METODE BIM PROYEK JALAN TOL PROBOLINGGO BANYUWANGI PAKET 3B ZONA 2

ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Text1	Successors
1		**PROYEK JALAN TOL PROBOLINGGO - BANYUWANGI PAKET 3**	**283 days**	Wed 17/01/24	**Fri 01/11/24**			
2		**START**	0 days	Thu 18/01/24	Thu 18/01/24			6;7;9;10;11;12;13;7
3		**PEKERJAAN AT GRADE & PERKERASAN**	**283 days**	**Wed 17/01/24**	**Fri 01/11/24**			
4		**Pembersihan**	**27 days**	**Thu 18/01/24**	**Tue 13/02/24**			
5		**Pekerjaan Pembersihan Tempat Kerja**	**27 days**	**Thu 18/01/24**	**Tue 13/02/24**			
6		Pembersihan Lahan STA 43+475 - 44+300 (825)	6 days	Thu 18/01/24	Tue 23/01/24	2	Demolish	
7		Pembersihan Lahan STA 44+300 - 44+500 (200 M)	27 days	Thu 18/01/24	Tue 13/02/24	2	Demolish	
8		**Galian**	**50 days**	**Thu 18/01/24**	**Thu 07/03/24**			
9		Pekerjaan Galian Tanah STA 33+000-33+325	9 days	Thu 18/01/24	Fri 26/01/24	2	Demolish	15SS+2 days;131F
10		Pekerjaan Galian Tanah STA 33+525-33+850	9 days	Thu 18/01/24	Fri 26/01/24	2	Demolish	
11		Pekerjaan Galian Tanah STA 33+850-34+050	29 days	Thu 18/01/24	Thu 15/02/24	2	Demolish	
12		Pekerjaan Galian Tanah STA 34+225-35+100	29 days	Thu 18/01/24	Thu 15/02/24	2	Demolish	
13		Pekerjaan Galian Tanah STA 35+100-35+725	50 days	Thu 18/01/24	Thu 07/03/24	2	Demolish	
14		**Timbunan**	**147 days**	**Wed 17/01/24**	Tue 18/06/24			
15		Pekerjaan Penghamparan Timbunan Tanah STA 32+000-32+450	19 days	Sat 20/01/24	Wed 07/02/24	9SS+2 days	Construct	16SS+2 days;17FS
16		Pekerjaan Pemadatan Timbunan Tanah STA 32+000-32+450	27 days	Mon 22/01/24	Sat 17/02/24	15SS+2 days	Construct	
17		Pekerjaan Penghamparan Timbunan Tanah STA 32+400-33+000	43 days	Thu 01/02/24	Thu 14/03/24	15FS-7 days	Construct	18SS+2 days
18		Pekerjaan Pemadatan Timbunan Tanah STA 32+400-33+000	48 days	Sat 03/02/24	Thu 21/03/24	17SS+2 days	Construct	19FS-5 days
19		Pekerjaan Penghamparan Timbunan Tanah STA 33+225-33+400	4 days	Sun 17/03/24	Wed 20/03/24	18FS-5 days	Construct	20SS+2 days
20		Pekerjaan Pemadatan Timbunan Tanah STA 33+225-33+400	10 days	Tue 19/03/24	Thu 28/03/24	19SS+2 days	Construct	38FS-5 days
21		Pekerjaan Penghamparan Timbunan Tanah STA 33+400-33+525	26 days	Wed 17/01/24	Sun 11/02/24	15SS-3 days	Construct	22SS+2 days;29SS
22		Pekerjaan Pemadatan Timbunan Tanah STA 33+400-33+525	36 days	Fri 19/01/24	Fri 23/02/24	21SS+2 days	Construct	23FS-2 days
23		Pekerjaan Penghamparan Timbunan Tanah STA 34+050-34+225	35 days	Thu 22/02/24	Wed 27/03/24	22FS-2 days	Construct	24SS+1 day
24		Pekerjaan Pemadatan Timbunan Tanah STA 34+050-34+225	50 days	Fri 23/02/24	Fri 19/04/24	23SS+1 day	Construct	25FS-7 days
25		Pekerjaan Penghamparan Timbunan Tanah STA 35+725-36+125	22 days	Sat 06/04/24	Sat 04/05/24	24FS-7 days	Construct	26SS+1 day;175S
26		Pekerjaan Pemadatan Timbunan Tanah STA 35+725-36+125	31 days	Sun 07/04/24	Tue 14/05/24	25SS+1 day	Construct	27FS-5 days
27		Pekerjaan Penghamparan Timbunan Tanah STA 36+125-36+300	28 days	Fri 10/05/24	Thu 06/06/24	26FS-5 days	Construct	28SS+1 day
28		Pekerjaan Pemadatan Timbunan Tanah STA 36+125-36+300	39 days	Sat 11/05/24	Tue 18/06/24	27SS+1 day	Construct	40
29		Pekerjaan Penghamparan Timbunan CBM STA 43+000-43+650	34 days	Wed 17/01/24	Mon 19/02/24	21SS	Construct	30SS+3 days;186S
30		Pekerjaan Pemadatan Timbunan CBM STA 43+000-43+650	48 days	Sat 20/01/24	Thu 07/03/24	29SS+3 days	Construct	42FS-5 days;31SS
31		Pekerjaan Penghamparan Timbunan CBM STA 43+650-43+900	14 days	Sun 21/01/24	Sat 03/02/24	30SS+1 day	Construct	32SS+5 days
32		Pekerjaan Pemadatan Timbunan CBM STA 43+650-43+900	20 days	Fri 26/01/24	Wed 14/02/24	31SS+5 days	Construct	33FS-2 days
33		Pekerjaan Penghamparan Timbunan CBM STA 43+900-44+075	4 days	Tue 13/02/24	Fri 16/02/24	32FS-2 days	Construct	34SS+1 day
34		Pekerjaan Pemadatan Timbunan CBM STA 43+900-44+075	12 days	Wed 14/02/24	Sun 25/02/24	33SS+1 day	Construct	35FS-2 days
35		Pekerjaan Penghamparan Timbunan CBM STA 44+075-44+500	34 days	Sat 24/02/24	Thu 28/03/24	34FS-2 days	Construct	36SS+1 day;208S
36		Pekerjaan Pemadatan Timbunan CBM STA 44+075-44+500	38 days	Sun 25/02/24	Tue 02/04/24	35SS+1 day	Construct	44FS-10 days;46F
37		**Lapis Separator/Capping Layer**	**151 days**	**Sun 03/03/24**	**Wed 07/08/24**			
38		Penghamparan Lapis Separator/Capping Layer - Zona 1 STA 32+000 - 33+500 (1.500 M)	16 days	Sun 24/03/24	Mon 15/04/24	20FS-5 days	Construct	39SS
39		Pemadatan Lapis Separator/Capping Layer - Zona 1 STA 32+000 - 33+500 (1.500 M)	26 days	Sun 24/03/24	Thu 25/04/24	38SS	Construct	49FS-4 days
40		Penghamparan Lapis Separator/Capping Layer - Zona 2 STA 33+500 - 36+300 (2.800 M)	29 days	Wed 19/06/24	Wed 17/07/24	28	Construct	41SS+2 days
41		Pemadatan Lapis Separator/Capping Layer - Zona 2 STA 33+500 - 36+300 (2.800 M)	48 days	Fri 21/06/24	Wed 07/08/24	40SS+2 days	Construct	51FS-3 days
42		Penghamparan Lapis Separator/Capping Layer - Zona 3 STA 43+000 - 43+475 (475 M)	5 days	Sun 03/03/24	Thu 07/03/24	30FS-5 days	Construct	43SS
43		Pemadatan Lapis Separator/Capping Layer - Zona 3 STA 43+000 - 43+475 (475 M)	8 days	Sun 03/03/24	Sun 10/03/24	42SS	Construct	53
44		Penghamparan Lapis Separator/Capping Layer - Zona 4 STA 43+475 - 44+300 (825 M)	8 days	Sun 24/03/24	Sun 31/03/24	36FS-10 days	Construct	45SS
45		Pemadatan Lapis Separator/Capping Layer - Zona 4 STA 43+475 - 44+300 (825 M)	13 days	Sun 24/03/24	Fri 05/04/24	44SS	Construct	55FS-3 days
46		Penghamparan Lapis Separator/Capping Layer - Zona 5 STA 44+300 - 44+500 (200 M)	2 days	Sun 31/03/24	Mon 01/04/24	36FS-3 days	Construct	47SS
47		Pemadatan Lapis Separator/Capping Layer - Zona 5 STA 44+300 - 44+500 (200 M)	3 days	Sun 31/03/24	Tue 02/04/24	46SS	Construct	57
48		**Lapis Drainase**	**176 days**	**Mon 11/03/24**	**Mon 09/09/24**			
49		Penghamparan Lapis Drainase - Zona 1 STA 32+000 - 33+500 (1.500 M)	12 days	Mon 22/04/24	Fri 03/05/24	39FS-4 days	Construct	50SS
50		Pemadatan Lapis Drainase - Zona 1 STA 32+000 - 33+500 (1.500 M)	20 days	Mon 22/04/24	Sat 11/05/24	49SS	Construct	60FS-3 days
51		Penghamparan Lapis Drainase - Zona 2 STA 33+500 - 36+300 (2.800 M)	21 days	Mon 05/08/24	Sun 25/08/24	41FS-3 days	Construct	52SS+1 day

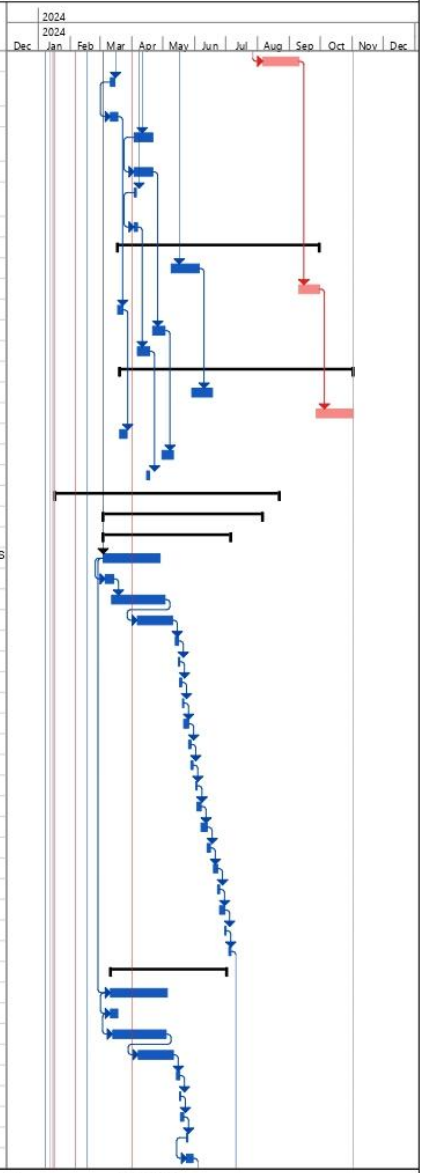


Project: Schedule Probowangi P
Date: Wed 30/07/25

Task | Summary | Inactive Milestone | Duration-only | Start-only | External Milestone | Critical Split
Split | Project Summary | Inactive Summary | Manual Summary Rollup | Finish-only | Deadline | Progress
Milestone | Inactive Task | Manual Task | Manual Summary | External Tasks | Critical | Manual Progress

PROYEK AKHIR PENJADWALAN METODE BIM PROYEK JALAN TOL PROBOLINGGO BANYUWANGI PAKET 3B ZONA 2

ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Text1	Successors
52		Pemadatan Lapis Drainase - Zona 2 STA 33+500 - 36+300 (2.800 M)	35 days	Tue 06/08/24	Mon 09/09/24	51SS+1 day	Construct	61
53		Penghamparan Lapis Drainase - Zona 3 STA 43+000 - 43+475 (475 M)	4 days	Mon 11/03/24	Thu 14/03/24	43	Construct	54SS
54		Pemadatan Lapis Drainase - Zona 3 STA 43+000 - 43+475 (475 M)	7 days	Mon 11/03/24	Sun 17/03/24	53SS	Construct	62
55		Penghamparan Lapis Drainase - Zona 4 STA 43+475 - 44+300 (825 M)	11 days	Wed 03/04/24	Sat 20/04/24	45FS-3 days	Construct	56SS
56		Pemadatan Lapis Drainase - Zona 4 STA 43+475 - 44+300 (825 M)	11 days	Wed 03/04/24	Sat 20/04/24	55SS	Construct	63
57		Penghamparan Lapis Drainase - Zona 5 STA 44+300 - 44+500 (200 M)	2 days	Wed 03/04/24	Thu 04/04/24	47	Construct	58SS
58		Pemadatan Lapis Drainase - Zona 5 STA 44+300 - 44+500 (200 M)	3 days	Wed 03/04/24	Fri 05/04/24	57SS	Construct	64
59		**Lean Concrete (t = 10 cm)**	**189 days**	**Mon 18/03/24**	**Sun 29/09/24**			
60		Lean Concrete (t = 10 cm) - Zona 1 STA 32+000 - 33+500 (1.500 M)	27 days	Thu 09/05/24	Tue 04/06/24	50FS-3 days	Construct	66FS-7 days
61		Lean Concrete (t = 10 cm) - Zona 2 STA 33+500 - 36+300 (2.800 M)	20 days	Tue 10/09/24	Sun 29/09/24	52	Construct	67FS-3 days
62		Lean Concrete (t = 10 cm) - Zona 3 STA 43+000 - 43+475 (475 M)	5 days	Mon 18/03/24	Fri 22/03/24	54	Construct	68FS-3 days
63		Lean Concrete (t = 10 cm) - Zona 4 STA 43+475 - 44+300 (825 M)	12 days	Sun 21/04/24	Thu 02/05/24	56	Construct	69FS-3 days
64		Lean Concrete (t = 10 cm) - Zona 5 STA 44+300 - 44+500 (200 M)	5 days	Sat 06/04/24	Wed 17/04/24	58	Construct	70FS-3 days
65		**Perkerasan Beton Semen**	**220 days**	**Wed 20/03/24**	**Fri 01/11/24**			
66		Perkerasan Beton Semen - Zona 1 STA 32+000 - 33+500 (1.500 M)	20 days	Wed 29/05/24	Mon 17/06/24	60FS-7 days	Construct	
67		Perkerasan Beton Semen - Zona 2 STA 33+500 - 36+300 (2.800 M)	36 days	Fri 27/09/24	Fri 01/11/24	61FS-3 days	Construct	
68		Perkerasan Beton Semen - Zona 3 STA 43+000 - 43+475 (475 M)	7 days	Wed 20/03/24	Tue 26/03/24	62FS-3 days	Construct	
69		Perkerasan Beton Semen - Zona 4 STA 43+475 - 44+300 (825 M)	11 days	Tue 30/04/24	Fri 10/05/24	63FS-3 days	Construct	
70		Perkerasan Beton Semen - Zona 5 STA 44+300 - 44+500 (200 M)	3 days	Mon 15/04/24	Wed 17/04/24	64FS-3 days	Construct	
71		**PEKERJAAN STRUKTUR**	**211 days**	**Wed 17/01/24**	**Wed 21/08/24**			
72		**JEMBATAN STA 43+425 (25,6 M)**	**148 days**	**Mon 04/03/24**	**Mon 05/08/24**			
73		**Abutment 1**	**117 days**	**Mon 04/03/24**	**Fri 05/07/24**			
74		Jembatan STA 43+425 A1 - Pekerjaan Pengeboran Borepile	48 days	Mon 04/03/24	Sat 27/04/24	2FS+15 days	Construct	75SS+2 days;95SS
75		Jembatan STA 43+425 A1 - Fabrikasi Pembesian Borepile	8 days	Wed 06/03/24	Wed 13/03/24	74SS+2 days	Construct	76FS-2 days
76		Jembatan STA 43+425 A1 - Pemasangan Pembesian Borepile	45 days	Tue 12/03/24	Thu 02/05/24	75FS-2 days	Construct	77FS-20 days
77		Jembatan STA 43+425 A1 - Pengecoran Borepile	27 days	Sat 06/04/24	Thu 09/05/24	76FS-20 days	Construct	78FS+3 days
78		Jembatan STA 43+425 A1 - Pembobokan Borepile	3 days	Mon 13/05/24	Wed 15/05/24	77FS+3 days	Construct	79
79		Jembatan STA 43+425 A1 - Pekerjaan Pasang Bekisting Lean Concrete	1 day	Thu 16/05/24	Thu 16/05/24	78	Construct	80
80		Jembatan STA 43+425 A1 - Pekerjaan Lean Concrete	2 days	Fri 17/05/24	Sat 18/05/24	79	Construct	81FS+1 day
81		Jembatan STA 43+425 A1 - Pekerjaan Bongkar Bekisting Lean Concrete	1 day	Mon 20/05/24	Mon 20/05/24	80FS+1 day	Construct	82
82		Jembatan STA 43+425 A1 - Pekerjaan Pembesian Pilecap	5 days	Tue 21/05/24	Sat 25/05/24	81	Construct	83
83		Jembatan STA 43+425 A1 - Pekerjaan Pasang Bekisting Pilecap	2 days	Sun 26/05/24	Mon 27/05/24	82	Construct	84
84		Jembatan STA 43+425 A1 - Pekerjaan Pengecoran Pilecap	2 days	Tue 28/05/24	Wed 29/05/24	83	Construct	85FS+3 days
85		Jembatan STA 43+425 A1 - Pekerjaan Bongkar Bekisting Pilecap	1 day	Sun 02/06/24	Sun 02/06/24	84FS+3 days	Construct	86
86		Jembatan STA 43+425 A1 - Pekerjaan Pembesian Abutment	4 days	Mon 03/06/24	Thu 06/06/24	85	Construct	87
87		Jembatan STA 43+425 A1 - Pekerjaan Pasang Bekisting Abutment	6 days	Fri 07/06/24	Wed 12/06/24	86	Construct	88
88		Jembatan STA 43+425 A1 - Pekerjaan Pengecoran Abutment	3 days	Thu 13/06/24	Sat 15/06/24	87	Construct	89FS+3 days
89		Jembatan STA 43+425 A1 - Pekerjaan Bongkar Bekisting Abutment	4 days	Wed 19/06/24	Sat 22/06/24	88FS+3 days	Construct	90
90		Jembatan STA 43+425 A1 - Pekerjaan Pembesian Wingwall	2 days	Sun 23/06/24	Mon 24/06/24	89	Construct	91
91		Jembatan STA 43+425 A1 - Pekerjaan Pasang Bekisting Wingwall	5 days	Tue 25/06/24	Sat 29/06/24	90	Construct	92
92		Jembatan STA 43+425 A1 - Pekerjaan Pengecoran Wingwall	1 day	Sun 30/06/24	Sun 30/06/24	91	Construct	93FS+3 days
93		Jembatan STA 43+425 A1 - Pekerjaan Bongkar Bekisting Wingwall	2 days	Thu 04/07/24	Fri 05/07/24	92FS+3 days	Construct	112FS+1 day
94		**Abutment 2**	**106 days**	**Mon 11/03/24**	**Mon 01/07/24**			
95		Jembatan STA 43+425 A2 - Pekerjaan Borepile	48 days	Mon 11/03/24	Sat 04/05/24	74SS+7 days	Construct	96SS
96		Jembatan STA 43+425 A2 - Fabrikasi Pembesian Borepile	7 days	Mon 11/03/24	Sun 17/03/24	95SS	Construct	97SS+2 days
97		Jembatan STA 43+425 A2 - Pemasangan Pembesian Borepile	45 days	Wed 13/03/24	Fri 03/05/24	96SS+2 days	Construct	98FS-20 days
98		Jembatan STA 43+425 A2 - Pengecoran Borepile	27 days	Sun 07/04/24	Fri 10/05/24	97FS-20 days	Construct	99FS+3 days
99		Jembatan STA 43+425 A2 - Pembobokan Borepile	3 days	Tue 14/05/24	Thu 16/05/24	98FS+3 days	Construct	100
100		Jembatan STA 43+425 A2 - Pekerjaan Pasang Bekisting Lean Concrete	1 day	Fri 17/05/24	Fri 17/05/24	99	Construct	101
101		Jembatan STA 43+425 A2 - Pekerjaan Lean Concrete	3 days	Sat 18/05/24	Mon 20/05/24	100	Construct	102FS+3 days
102		Jembatan STA 43+425 A2 - Pekerjaan Bongkar Bekisting Lean Concrete	1 day	Fri 24/05/24	Fri 24/05/24	101FS+3 days	Construct	103SS
103		Jembatan STA 43+425 A2 - Pekerjaan Pembesian Pilecap	6 days	Fri 24/05/24	Wed 29/05/24	102SS	Construct	104

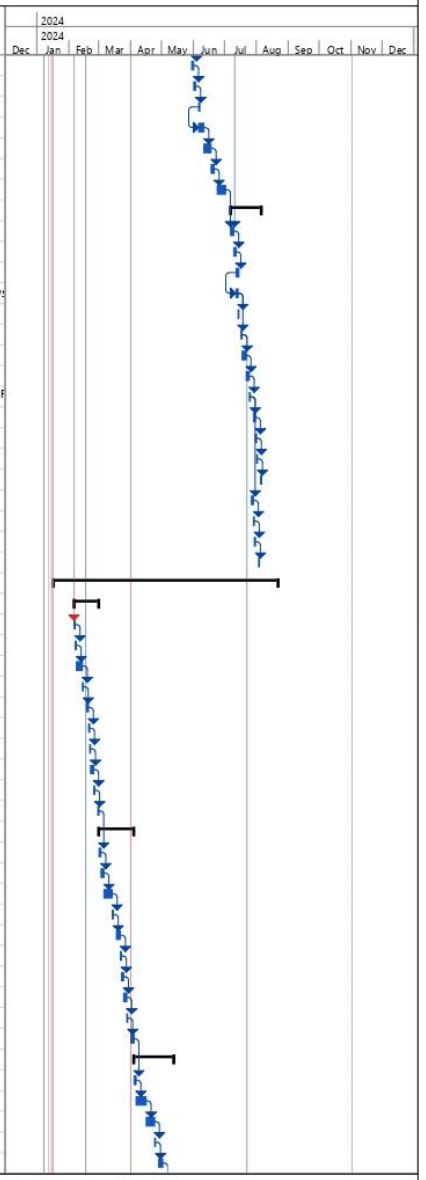


Project: Schedule Probowangi P
Date: Wed 30/07/25

Task
Split
Milestone
Summary
Project Summary
Inactive Task
Inactive Milestone
Inactive Summary
Manual Task
Duration-only
Manual Summary Rollup
Manual Summary
Start-only
Finish-only
External Tasks
External Milestone
Deadline
Critical
Critical Split
Progress
Manual Progress

PROYEK AKHIR PENJADWALAN METODE BIM PROYEK JALAN TOL PROBOLINGGO BANYUWANGI PAKET 3B ZONA 2

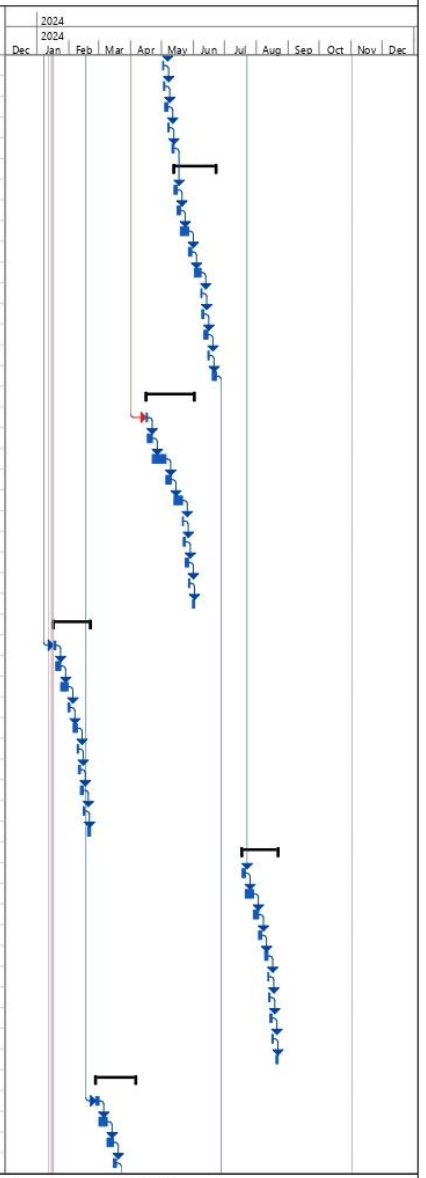
ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Text1	Successors
104		Jembatan STA 43+425 A2 - Pekerjaan Pasang Bekisting Pilecap	2 days	Thu 30/05/24	Fri 31/05/24	103	Construct	105
105		Jembatan STA 43+425 A2 - Pekerjaan Pengecoran Pilecap	2 days	Sat 01/06/24	Sun 02/06/24	104	Construct	106FS+3 days
106		Jembatan STA 43+425 A2 - Pekerjaan Bongkar Bekisting Pilecap	1 day	Thu 06/06/24	Thu 06/06/24	105FS+3 days	Construct	107SS
107		Jembatan STA 43+425 A2 - Pekerjaan Pembesian Abutment	5 days	Thu 06/06/24	Mon 10/06/24	106SS	Construct	108
108		Jembatan STA 43+425 A2 - Pekerjaan Pasang Bekisting Abutment	7 days	Tue 11/06/24	Mon 17/06/24	107	Construct	109
109		Jembatan STA 43+425 A2 - Pekerjaan Pengecoran Abutment	3 days	Tue 18/06/24	Thu 20/06/24	108	Construct	110FS+3 days
110		Jembatan STA 43+425 A2 - Pekerjaan Bongkar Bekisting Abutment	8 days	Mon 24/06/24	Mon 01/07/24	109FS+3 days	Construct	112FS+1 day
111		**Struktur Atas**	**30 days**	**Sun 07/07/24**	**Mon 05/08/24**			
112		Jembatan STA 43+425 A1 ke A2 - Elastomeric Bearing Pad	3 days	Sun 07/07/24	Tue 09/07/24	110FS+1 day;93FS+1 da	Construct	113
113		Jembatan STA 43+425 A1 ke A2 - P.C.I Girder, Bentang = 25 - 27 m	2 days	Wed 10/07/24	Thu 11/07/24	112	Construct	114
114		Jembatan STA 43+425 A1 ke A2 - Pembesian Diafragma	3 days	Fri 12/07/24	Sun 14/07/24	113	Construct	115SS
115		Jembatan STA 43+425 A1 ke A2 - Pemasangan Bekisting Diafragma	2 days	Fri 12/07/24	Sat 13/07/24	114SS	Construct	116;117FS+3 days
116		Jembatan STA 43+425 A1 ke A2 - Pengecoran Diafragma	1 day	Sun 14/07/24	Sun 14/07/24	115	Construct	
117		Jembatan STA 43+425 A1 ke A2 - Pembongkaran Bekisting Diafragma	1 day	Wed 17/07/24	Wed 17/07/24	115FS+3 days	Construct	118;197
118		Jembatan STA 43+425 A1 ke A2 - Pemasangan Bondex	4 days	Thu 18/07/24	Sun 21/07/24	117	Construct	119
119		Jembatan STA 43+425 A1 ke A2 - Pembesian Plat Lantai	3 days	Mon 22/07/24	Wed 24/07/24	118	Construct	120
120		Jembatan STA 43+425 A1 ke A2 - Pengecoran Plat Lantai	1 day	Thu 25/07/24	Thu 25/07/24	119	Construct	121FS+3 days;125F
121		Jembatan STA 43+425 A1 - Pembesian Plat Injak	2 days	Mon 29/07/24	Tue 30/07/24	120FS+3 days	Construct	122
122		Jembatan STA 43+425 A1 - Pemasangan Bekisting Plat Injak	1 day	Wed 31/07/24	Wed 31/07/24	121	Construct	123
123		Jembatan STA 43+425 A1 - Pengecoran Plat Injak	1 day	Thu 01/08/24	Thu 01/08/24	122	Construct	124FS+3 days
124		Jembatan STA 43+425 A1 - Pembongkaran Bekisting Plat Injak	1 day	Mon 05/08/24	Mon 05/08/24	123FS+3 days	Construct	
125		Jembatan STA 43+425 A2 - Pembesian Plat Injak	2 days	Sat 27/07/24	Sun 28/07/24	120FS+1 day	Construct	126
126		Jembatan STA 43+425 A2 - Pemasangan Bekisting Plat Injak	1 day	Mon 29/07/24	Mon 29/07/24	125	Construct	127
127		Jembatan STA 43+425 A2 - Pengecoran Plat Injak	1 day	Tue 30/07/24	Tue 30/07/24	126	Construct	128FS+3 days
128		Jembatan STA 43+425 A2 - Pembongkaran Bekisting Plat Injak	1 day	Sat 03/08/24	Sat 03/08/24	127FS+3 days	Construct	
129		**Box Underpass**	**211 days**	**Wed 17/01/24**	**Wed 21/08/24**			
130		**Box Underpass STA 32+013**	**24 days**	**Tue 06/02/24**	**Thu 29/02/24**			
131		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Tue 06/02/24	Tue 06/02/24	9FS+10 days	Construct	132
132		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Wed 07/02/24	Wed 07/02/24	131	Construct	133
133		Pemasangan Bekisting	6 days	Thu 08/02/24	Tue 13/02/24	132	Construct	134
134		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Wed 14/02/24	Wed 14/02/24	133	Construct	135FS+3 days
135		Pembongkaran Bekisting Badan Box	2 days	Sun 18/02/24	Mon 19/02/24	134FS+3 days	Construct	136
136		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Tue 20/02/24	Tue 20/02/24	135	Construct	137
137		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Wed 21/02/24	Wed 21/02/24	136	Construct	138
138		Pemasangan Bekisting Wing Wall	3 days	Thu 22/02/24	Sat 24/02/24	137	Construct	139
139		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Sun 25/02/24	Sun 25/02/24	138	Construct	140FS+3 days
140		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Thu 29/02/24	Thu 29/02/24	139FS+3 days	Construct	142
141		**Box Underpass STA 32+267**	**34 days**	**Fri 01/03/24**	**Wed 03/04/24**			
142		Pengecoran LC Badan Box	2 days	Fri 01/03/24	Sat 02/03/24	140	Construct	143
143		Pemasangan Pembesian Badan Box	3 days	Sun 03/03/24	Tue 05/03/24	142	Construct	144
144		Pemasangan Bekisting	8 days	Wed 06/03/24	Wed 13/03/24	143	Construct	145
145		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Thu 14/03/24	Thu 14/03/24	144	Construct	146FS+3 days
146		Pembongkaran Bekisting Badan Box	4 days	Mon 18/03/24	Thu 21/03/24	145FS+3 days	Construct	147
147		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Fri 22/03/24	Fri 22/03/24	146	Construct	148
148		Pemasangan Pembesian Wing Wall	2 days	Sat 23/03/24	Sun 24/03/24	147	Construct	149
149		Pemasangan Bekisting Wing Wall	3 days	Mon 25/03/24	Wed 27/03/24	148	Construct	150
150		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Thu 28/03/24	Thu 28/03/24	149	Construct	151FS+3 days
151		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	3 days	Mon 01/04/24	Wed 03/04/24	150FS+3 days	Construct	153
152		**Box Underpass STA 32+648**	**32 days**	**Thu 04/04/24**	**Sun 12/05/24**			
153		Pengecoran LC Badan Box	2 days	Thu 04/04/24	Fri 05/04/24	151	Construct	154
154		Pemasangan Pembesian Badan Box	3 days	Sat 06/04/24	Mon 15/04/24	153	Construct	155
155		Pemasangan Bekisting	8 days	Tue 16/04/24	Tue 23/04/24	154	Construct	156
156		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Wed 24/04/24	Wed 24/04/24	155	Construct	157FS+3 days
157		Pembongkaran Bekisting Badan Box	4 days	Sun 28/04/24	Wed 01/05/24	156FS+3 days	Construct	158



Project: Schedule Probowangi P
Date: Wed 30/07/25

Task
Split
Milestone
Summary
Project Summary
Inactive Task
Inactive Milestone
Inactive Summary
Manual Task
Duration-only
Manual Summary Rollup
Manual Summary
Start-only
Finish-only
External Tasks
External Milestone
Deadline
Critical
Critical Split
Progress
Manual Progress

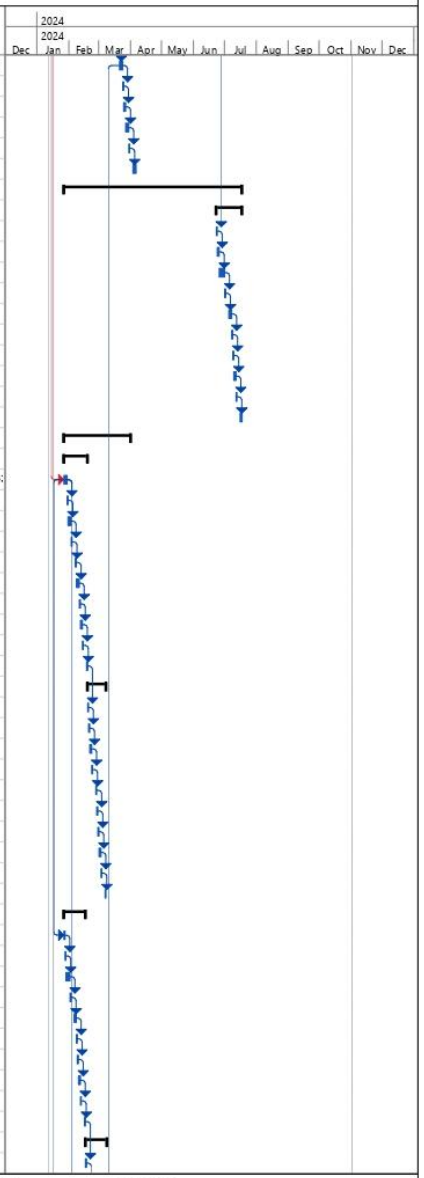
ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Text1	Successors
158		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Thu 02/05/24	Thu 02/05/24	157	Construct	159
159		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Fri 03/05/24	Fri 03/05/24	158	Construct	160
160		Pemasangan Bekisting Wing Wall	3 days	Sat 04/05/24	Mon 06/05/24	159	Construct	161
161		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Tue 07/05/24	Tue 07/05/24	160	Construct	162FS+3 days
162		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	2 days	Sat 11/05/24	Sun 12/05/24	161FS+3 days	Construct	164
163		**Box Underpass STA 33+063**	**41 days**	**Mon 13/05/24**	**Sat 22/06/24**			
164		Pengecoran LC Badan Box	3 days	Mon 13/05/24	Wed 15/05/24	162	Construct	165
165		Pemasangan Pembesian Badan Box	3 days	Thu 16/05/24	Sat 18/05/24	164	Construct	166
166		Pemasangan Bekisting	8 days	Sun 19/05/24	Sun 26/05/24	165	Construct	167
167		Pengecoran Badan Box C2	3 days	Mon 27/05/24	Wed 29/05/24	166	Construct	168FS+3 days
168		Pembongkaran Bekisting Badan Box	6 days	Sun 02/06/24	Fri 07/06/24	167FS+3 days	Construct	169
169		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Sat 08/06/24	Sat 08/06/24	168	Construct	170
170		Pemasangan Pembesian Wing Wall	2 days	Sun 09/06/24	Mon 10/06/24	169	Construct	171
171		Pemasangan Bekisting Wing Wall	4 days	Tue 11/06/24	Fri 14/06/24	170	Construct	172
172		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Sat 15/06/24	Sat 15/06/24	171	Construct	173FS+3 days
173		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	4 days	Wed 19/06/24	Sat 22/06/24	172FS+3 days	Construct	220
174		**Box Underpass STA 36+048**	**47 days**	**Tue 16/04/24**	**Sat 01/06/24**			
175		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Tue 16/04/24	Tue 16/04/24	25SS+3 days	Construct	176
176		Pemasangan Pembesian Badan Box	5 days	Wed 17/04/24	Sun 21/04/24	175	Construct	177
177		Pemasangan Bekisting	13 days	Mon 22/04/24	Sat 04/05/24	176	Construct	178
178		Pengecoran Badan Box C2	5 days	Sun 05/05/24	Thu 09/05/24	177	Construct	179FS+3 days
179		Pembongkaran Bekisting Badan Box	8 days	Mon 13/05/24	Mon 20/05/24	178FS+3 days	Construct	180
180		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Tue 21/05/24	Tue 21/05/24	179	Construct	181
181		Pemasangan Pembesian Wing Wall	2 days	Wed 22/05/24	Thu 23/05/24	180	Construct	182
182		Pemasangan Bekisting Wing Wall	3 days	Fri 24/05/24	Sun 26/05/24	181	Construct	183
183		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Mon 27/05/24	Mon 27/05/24	182	Construct	184FS+3 days
184		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	2 days	Fri 31/05/24	Sat 01/06/24	183FS+3 days	Construct	
185		**Box Underpass STA 42+994**	**36 days**	**Wed 17/01/24**	**Wed 21/02/24**			
186		Pengecoran LC Badan Box	2 days	Wed 17/01/24	Thu 18/01/24	29SS	Construct	187
187		Pemasangan Pembesian Badan Box	5 days	Fri 19/01/24	Tue 23/01/24	186	Construct	188
188		Pemasangan Bekisting	7 days	Wed 24/01/24	Tue 30/01/24	187	Construct	189
189		Pengecoran Badan Box C2	2 days	Wed 31/01/24	Thu 01/02/24	188	Construct	190FS+3 days
190		Pembongkaran Bekisting Badan Box	4 days	Mon 05/02/24	Thu 08/02/24	189FS+3 days	Construct	191
191		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Fri 09/02/24	Fri 09/02/24	190	Construct	192
192		Pemasangan Pembesian Wing Wall	2 days	Sat 10/02/24	Sun 11/02/24	191	Construct	193
193		Pemasangan Bekisting Wing Wall	3 days	Mon 12/02/24	Wed 14/02/24	192	Construct	194
194		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Thu 15/02/24	Thu 15/02/24	193	Construct	195FS+3 days
195		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	3 days	Mon 19/02/24	Wed 21/02/24	194FS+3 days	Construct	
196		**Box Underpass STA 43+472**	**35 days**	**Thu 18/07/24**	**Wed 21/08/24**			
197		Pengecoran LC Badan Box	3 days	Thu 18/07/24	Sat 20/07/24	117	Construct	198
198		Pemasangan Pembesian Badan Box	8 days	Sun 21/07/24	Sun 28/07/24	197	Construct	199
199		Pemasangan Bekisting	5 days	Mon 29/07/24	Fri 02/08/24	198	Construct	200
200		Pengecoran Badan Box C2	3 days	Sat 03/08/24	Mon 05/08/24	199	Construct	201FS+3 days
201		Pembongkaran Bekisting Badan Box	3 days	Fri 09/08/24	Sun 11/08/24	200FS+3 days	Construct	202
202		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Mon 12/08/24	Mon 12/08/24	201	Construct	203
203		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Tue 13/08/24	Tue 13/08/24	202	Construct	204
204		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Wed 14/08/24	Thu 15/08/24	203	Construct	205
205		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Fri 16/08/24	Fri 16/08/24	204	Construct	206FS+3 days
206		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	2 days	Tue 20/08/24	Wed 21/08/24	205FS+3 days	Construct	
207		**Box Underpass STA 44+285**	**39 days**	**Tue 27/02/24**	**Fri 05/04/24**			
208		Pengecoran LC Badan Box	3 days	Tue 27/02/24	Thu 29/02/24	35SS+3 days	Construct	209
209		Pemasangan Pembesian Badan Box	8 days	Fri 01/03/24	Fri 08/03/24	208	Construct	210
210		Pemasangan Bekisting	6 days	Sat 09/03/24	Thu 14/03/24	209	Construct	211
211		Pengecoran Badan Box C2	3 days	Fri 15/03/24	Sun 17/03/24	210	Construct	212FS+3 days



Project: Schedule Probowangi P
Date: Wed 30/07/25

Task
Split
Milestone
Summary
Project Summary
Inactive Task
Inactive Milestone
Inactive Summary
Manual Task
Duration-only
Manual Summary Rollup
Manual Summary
Start-only
Finish-only
External Tasks
External Milestone
Deadline
Critical
Critical Split
Progress
Manual Progress

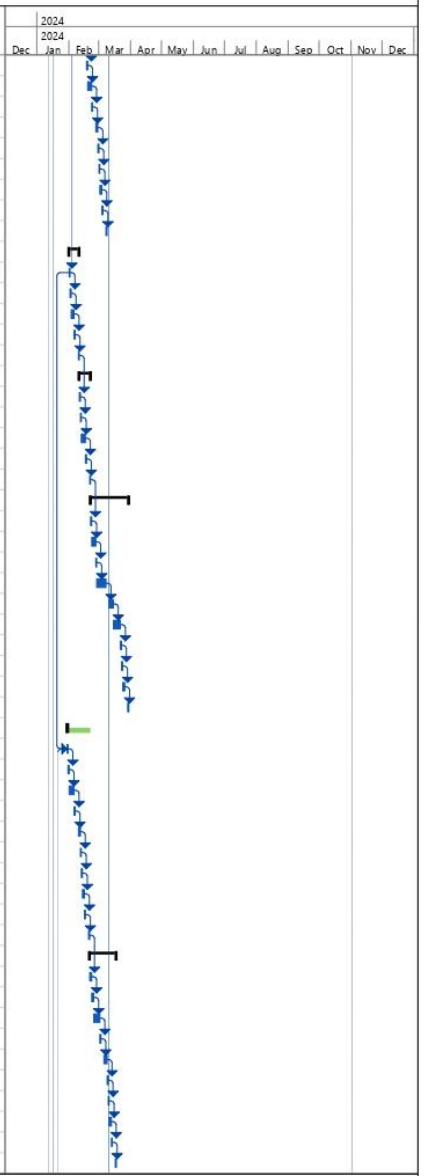
ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Text1	Successors
212		Pembongkaran Bekisting Badan Box	3 days	Thu 21/03/24	Sat 23/03/24	211FS+3 days	Construct	213;442SS-1 day
213		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Sun 24/03/24	Sun 24/03/24	212	Construct	214
214		Pemasangan Pembesian Wing Wall	2 days	Mon 25/03/24	Tue 26/03/24	213	Construct	215
215		Pemasangan Bekisting Wing Wall	3 days	Wed 27/03/24	Fri 29/03/24	214	Construct	216
216		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Sat 30/03/24	Sat 30/03/24	215	Construct	217FS+3 days
217		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	3 days	Wed 03/04/24	Fri 05/04/24	216FS+3 days	Construct	
218		**Box Pedestrian**	**166 days**	**Sat 27/01/24**	**Wed 17/07/24**			
219		**Box Pedestrian**	**25 days**	**Sun 23/06/24**	**Wed 17/07/24**			
220		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Sun 23/06/24	Sun 23/06/24	173	Construct	221
221		Pemasangan Pembesian Badan Box	2 days	Mon 24/06/24	Tue 25/06/24	220	Construct	222
222		Pemasangan Bekisting	5 days	Wed 26/06/24	Sun 30/06/24	221	Construct	223
223		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Mon 01/07/24	Mon 01/07/24	222	Construct	224FS+3 days
224		Pembongkaran Bekisting Badan Box	3 days	Fri 05/07/24	Sun 07/07/24	223FS+3 days	Construct	225
225		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Mon 08/07/24	Mon 08/07/24	224	Construct	226
226		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Tue 09/07/24	Tue 09/07/24	225	Construct	227
227		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Wed 10/07/24	Thu 11/07/24	226	Construct	228
228		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Fri 12/07/24	Fri 12/07/24	227	Construct	229FS+3 days
229		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	2 days	Tue 16/07/24	Wed 17/07/24	228FS+3 days	Construct	
230		**Box Culvert**	**65 days**	**Sat 27/01/24**	**Sun 31/03/24**			
231		**Box Culvert STA 32+055**	**23 days**	**Sat 27/01/24**	**Sun 18/02/24**			
232		Pengecoran LC Badan Box	3 days	Sat 27/01/24	Mon 29/01/24	15SS+7 days	Construct	233;276FS+2 days;
233		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Tue 30/01/24	Tue 30/01/24	232	Construct	234
234		Pemasangan Bekisting	3 days	Wed 31/01/24	Fri 02/02/24	233	Construct	235
235		Pengecoran Badan Box	1 day	Sat 03/02/24	Sat 03/02/24	234	Construct	236FS+3 days
236		Pembongkaran Bekisting Badan Box	1 day	Wed 07/02/24	Wed 07/02/24	235FS+3 days	Construct	237
237		Pengecoran LC Wing Wall	3 days	Thu 08/02/24	Sat 10/02/24	236	Construct	238
238		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Sun 11/02/24	Sun 11/02/24	237	Construct	239
239		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Mon 12/02/24	Tue 13/02/24	238	Construct	240
240		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Wed 14/02/24	Wed 14/02/24	239	Construct	241FS+3 days
241		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Sun 18/02/24	Sun 18/02/24	240FS+3 days	Construct	243
242		**Box Culvert STA 32+175**	**18 days**	**Mon 19/02/24**	**Thu 07/03/24**			
243		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Mon 19/02/24	Mon 19/02/24	241	Construct	244
244		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Tue 20/02/24	Tue 20/02/24	243	Construct	245
245		Pemasangan Bekisting	2 days	Wed 21/02/24	Thu 22/02/24	244	Construct	246
246		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Fri 23/02/24	Fri 23/02/24	245	Construct	247FS+3 days
247		Pembongkaran Bekisting Badan Box	1 day	Tue 27/02/24	Tue 27/02/24	246FS+3 days	Construct	248
248		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Wed 28/02/24	Wed 28/02/24	247	Construct	249
249		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Thu 29/02/24	Thu 29/02/24	248	Construct	250
250		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Fri 01/03/24	Sat 02/03/24	249	Construct	251
251		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Sun 03/03/24	Sun 03/03/24	250	Construct	252FS+3 days
252		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Thu 07/03/24	Thu 07/03/24	251FS+3 days	Construct	
253		**Box Culvert STA 32+334**	**21 days**	**Sat 27/01/24**	**Fri 16/02/24**			
254		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Sat 27/01/24	Sat 27/01/24	232SS	Construct	255
255		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Sun 28/01/24	Sun 28/01/24	254	Construct	256
256		Pemasangan Bekisting	4 days	Mon 29/01/24	Thu 01/02/24	255	Construct	257
257		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Fri 02/02/24	Fri 02/02/24	256	Construct	258FS+3 days
258		Pembongkaran Bekisting Badan Box	2 days	Tue 06/02/24	Wed 07/02/24	257FS+3 days	Construct	259
259		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Thu 08/02/24	Thu 08/02/24	258	Construct	260
260		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Fri 09/02/24	Fri 09/02/24	259	Construct	261
261		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Sat 10/02/24	Sun 11/02/24	260	Construct	262
262		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Mon 12/02/24	Mon 12/02/24	261	Construct	263FS+3 days
263		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Fri 16/02/24	Fri 16/02/24	262FS+3 days	Construct	265
264		**Box Culvert STA 32+427**	**21 days**	**Sat 17/02/24**	**Fri 08/03/24**			
265		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Sat 17/02/24	Sat 17/02/24	263	Construct	266



Project: Schedule Probowangi P
Date: Wed 30/07/25

Task | Split | Milestone | Summary | Project Summary | Inactive Task | Inactive Milestone | Inactive Summary | Manual Task | Duration-only | Manual Summary Rollup | Manual Summary | Start-only | Finish-only | External Tasks | External Milestone | Deadline | Critical | Critical Split | Progress | Manual Progress

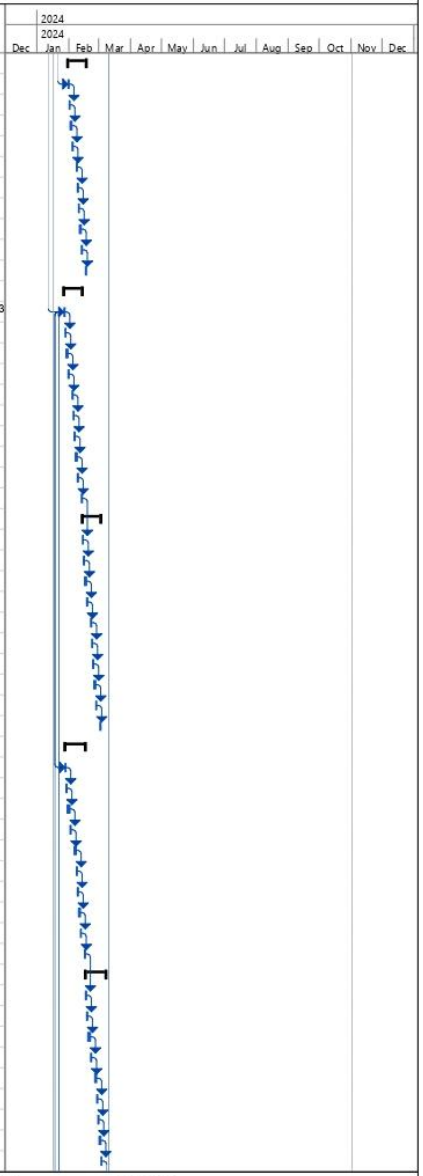
ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Text1	Successors
266		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Sun 18/02/24	Sun 18/02/24	265	Construct	267
267		Pemasangan Bekisting	4 days	Mon 19/02/24	Thu 22/02/24	266	Construct	268
268		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Fri 23/02/24	Fri 23/02/24	267	Construct	269FS+3 days
269		Pembongkaran Bekisting Badan Box	2 days	Tue 27/02/24	Wed 28/02/24	268FS+3 days	Construct	270
270		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Thu 29/02/24	Thu 29/02/24	269	Construct	271
271		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Fri 01/03/24	Fri 01/03/24	270	Construct	272
272		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Sat 02/03/24	Sun 03/03/24	271	Construct	273
273		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Mon 04/03/24	Mon 04/03/24	272	Construct	274FS+3 days
274		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Fri 08/03/24	Fri 08/03/24	273FS+3 days	Construct	
275		**Box Culvert STA 32+650**	**10 days**	**Thu 01/02/24**	**Sat 10/02/24**			
276		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Thu 01/02/24	Thu 01/02/24	232FS+2 days	Construct	277;299SS-2 days
277		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Fri 02/02/24	Fri 02/02/24	276	Construct	278
278		Pemasangan Bekisting	3 days	Sat 03/02/24	Mon 05/02/24	277	Construct	279
279		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Tue 06/02/24	Tue 06/02/24	278	Construct	280FS+3 days
280		Pembongkaran Bekisting Badan Box	1 day	Sat 10/02/24	Sat 10/02/24	279FS+3 days	Construct	282
281		**Box Culvert STA 33+050**	**11 days**	**Sun 11/02/24**	**Wed 21/02/24**			
282		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Sun 11/02/24	Sun 11/02/24	280	Construct	283
283		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Mon 12/02/24	Mon 12/02/24	282	Construct	284
284		Pemasangan Bekisting	4 days	Tue 13/02/24	Fri 16/02/24	283	Construct	285
285		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Sat 17/02/24	Sat 17/02/24	284	Construct	286FS+3 days
286		Pembongkaran Bekisting Badan Box	1 day	Wed 21/02/24	Wed 21/02/24	285FS+3 days	Construct	288
287		**Box Culvert STA 33+270**	**37 days**	**Thu 22/02/24**	**Fri 29/03/24**			
288		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Thu 22/02/24	Thu 22/02/24	286	Construct	289
289		Pemasangan Pembesian Badan Box	4 days	Fri 23/02/24	Mon 26/02/24	288	Construct	290
290		Pemasangan Bekisting	1 day	Tue 27/02/24	Tue 27/02/24	289	Construct	291
291		Pengecoran Badan Box C2	9 days	Wed 28/02/24	Thu 07/03/24	290	Construct	292FS+3 days
292		Pembongkaran Bekisting Badan Box	4 days	Mon 11/03/24	Thu 14/03/24	291FS+3 days	Construct	293
293		Pengecoran LC Wing Wall	7 days	Fri 15/03/24	Thu 21/03/24	292	Construct	294
294		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Fri 22/03/24	Fri 22/03/24	293	Construct	295
295		Pemasangan Bekisting Wing Wall	1 day	Sat 23/03/24	Sat 23/03/24	294	Construct	296
296		Pengecoran Wing Wall Box C2	2 days	Sun 24/03/24	Mon 25/03/24	295	Construct	297FS+3 days
297		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Fri 29/03/24	Fri 29/03/24	296FS+3 days	Construct	
298		**Box Culvert STA 33+415**	1 day	**Tue 30/01/24**	**Tue 30/01/24**			
299		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Tue 30/01/24	Tue 30/01/24	276SS-2 days	Construct	300;321SS+1 day
300		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Wed 31/01/24	Wed 31/01/24	299	Construct	301
301		Pemasangan Bekisting	5 days	Thu 01/02/24	Mon 05/02/24	300	Construct	302
302		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Tue 06/02/24	Tue 06/02/24	301	Construct	303FS+3 days
303		Pembongkaran Bekisting Badan Box	2 days	Sat 10/02/24	Sun 11/02/24	302FS+3 days	Construct	304
304		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Mon 12/02/24	Mon 12/02/24	303	Construct	305
305		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Tue 13/02/24	Tue 13/02/24	304	Construct	306
306		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Wed 14/02/24	Thu 15/02/24	305	Construct	307
307		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Fri 16/02/24	Fri 16/02/24	306	Construct	308FS+3 days
308		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Tue 20/02/24	Tue 20/02/24	307FS+3 days	Construct	310
309		**Box Culvert STA 34+950**	**26 days**	**Wed 21/02/24**	**Sun 17/03/24**			
310		Pengecoran LC Badan Box	2 days	Wed 21/02/24	Thu 22/02/24	308	Construct	311
311		Pemasangan Pembesian Badan Box	2 days	Fri 23/02/24	Sat 24/02/24	310	Construct	312
312		Pemasangan Bekisting	6 days	Sun 25/02/24	Fri 01/03/24	311	Construct	313
313		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Sat 02/03/24	Sat 02/03/24	312	Construct	314FS+3 days
314		Pembongkaran Bekisting Badan Box	3 days	Wed 06/03/24	Fri 08/03/24	313FS+3 days	Construct	315
315		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Sat 09/03/24	Sat 09/03/24	314	Construct	316
316		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Sun 10/03/24	Sun 10/03/24	315	Construct	317
317		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Mon 11/03/24	Tue 12/03/24	316	Construct	318
318		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Wed 13/03/24	Wed 13/03/24	317	Construct	319FS+3 days
319		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Sun 17/03/24	Sun 17/03/24	318FS+3 days	Construct	



Project: Schedule Probowangi P
Date: Wed 30/07/25

Task
Split
Milestone
Summary
Project Summary
Inactive Task
Inactive Milestone
Inactive Summary
Manual Task
Duration-only
Manual Summary Rollup
Manual Summary
Start-only
Finish-only
External Tasks
External Milestone
Deadline
Critical
Critical Split
Progress
Manual Progress

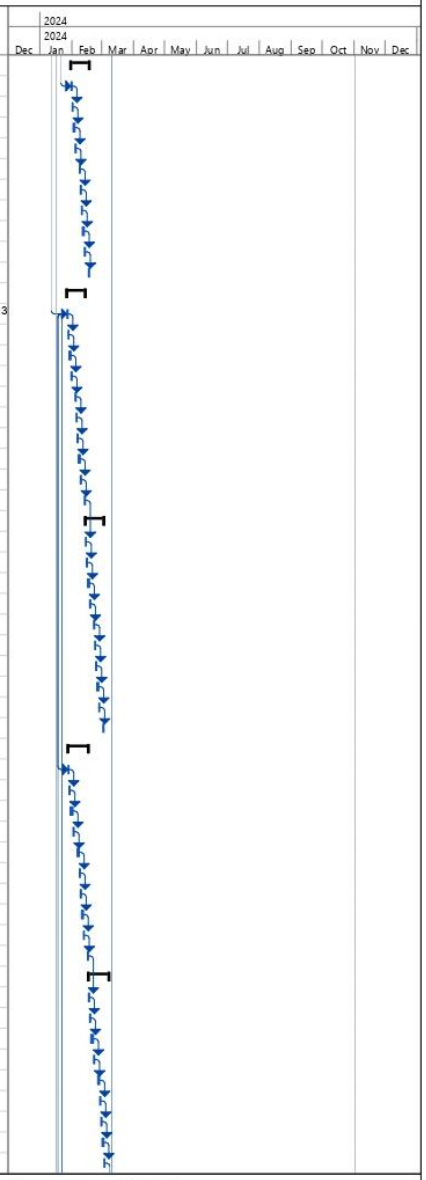
ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Text1	Successors
320		**Box Culvert STA 35+120**	**18 days**	**Wed 31/01/24**	**Sat 17/02/24**			
321		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Wed 31/01/24	Wed 31/01/24	299SS+1 day	Construct	322
322		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Thu 01/02/24	Thu 01/02/24	321	Construct	323
323		Pemasangan Bekisting	2 days	Fri 02/02/24	Sat 03/02/24	322	Construct	324
324		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Sun 04/02/24	Sun 04/02/24	323	Construct	325FS+3 days
325		Pembongkaran Bekisting Badan Box	1 day	Thu 08/02/24	Thu 08/02/24	324FS+3 days	Construct	326
326		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Fri 09/02/24	Fri 09/02/24	325	Construct	327
327		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Sat 10/02/24	Sat 10/02/24	326	Construct	328
328		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Sun 11/02/24	Mon 12/02/24	327	Construct	329
329		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Tue 13/02/24	Tue 13/02/24	328	Construct	330FS+3 days
330		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Sat 17/02/24	Sat 17/02/24	329FS+3 days	Construct	
331		**Box Culvert STA 43+160**	**18 days**	**Sat 27/01/24**	**Tue 13/02/24**			
332		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Sat 27/01/24	Sat 27/01/24	29SS+10 days	Construct	333;354SS+1 day;3
333		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Sun 28/01/24	Sun 28/01/24	332	Construct	334
334		Pemasangan Bekisting	2 days	Mon 29/01/24	Tue 30/01/24	333	Construct	335
335		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Wed 31/01/24	Wed 31/01/24	334	Construct	336FS+3 days
336		Pembongkaran Bekisting Badan Box	1 day	Sun 04/02/24	Sun 04/02/24	335FS+3 days	Construct	337
337		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Mon 05/02/24	Mon 05/02/24	336	Construct	338
338		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Tue 06/02/24	Tue 06/02/24	337	Construct	339
339		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Wed 07/02/24	Thu 08/02/24	338	Construct	340
340		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Fri 09/02/24	Fri 09/02/24	339	Construct	341FS+3 days
341		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Tue 13/02/24	Tue 13/02/24	340FS+3 days	Construct	343
342		**Box Culvert STA 43+220**	**18 days**	**Wed 14/02/24**	**Sat 02/03/24**			
343		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Wed 14/02/24	Wed 14/02/24	341	Construct	344
344		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Thu 15/02/24	Thu 15/02/24	343	Construct	345
345		Pemasangan Bekisting	2 days	Fri 16/02/24	Sat 17/02/24	344	Construct	346
346		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Sun 18/02/24	Sun 18/02/24	345	Construct	347FS+3 days
347		Pembongkaran Bekisting Badan Box	1 day	Thu 22/02/24	Thu 22/02/24	346FS+3 days	Construct	348
348		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Fri 23/02/24	Fri 23/02/24	347	Construct	349
349		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Sat 24/02/24	Sat 24/02/24	348	Construct	350
350		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Sun 25/02/24	Mon 26/02/24	349	Construct	351
351		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Tue 27/02/24	Tue 27/02/24	350	Construct	352FS+3 days
352		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Sat 02/03/24	Sat 02/03/24	351FS+3 days	Construct	
353		**Box Culvert STA 43+375**	**20 days**	**Sun 28/01/24**	**Fri 16/02/24**			
354		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Sun 28/01/24	Sun 28/01/24	332SS+1 day	Construct	355
355		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Mon 29/01/24	Mon 29/01/24	354	Construct	356
356		Pemasangan Bekisting	3 days	Tue 30/01/24	Thu 01/02/24	355	Construct	357
357		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Fri 02/02/24	Fri 02/02/24	356	Construct	358FS+3 days
358		Pembongkaran Bekisting Badan Box	2 days	Tue 06/02/24	Wed 07/02/24	357FS+3 days	Construct	359
359		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Thu 08/02/24	Thu 08/02/24	358	Construct	360
360		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Fri 09/02/24	Fri 09/02/24	359	Construct	361
361		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Sat 10/02/24	Sun 11/02/24	360	Construct	362
362		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Mon 12/02/24	Mon 12/02/24	361	Construct	363FS+3 days
363		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Fri 16/02/24	Fri 16/02/24	362FS+3 days	Construct	365
364		**Box Culvert STA 43+590**	**20 days**	**Sat 17/02/24**	**Thu 07/03/24**			
365		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Sat 17/02/24	Sat 17/02/24	363	Construct	366
366		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Sun 18/02/24	Sun 18/02/24	365	Construct	367
367		Pemasangan Bekisting	3 days	Mon 19/02/24	Wed 21/02/24	366	Construct	368
368		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Thu 22/02/24	Thu 22/02/24	367	Construct	369FS+3 days
369		Pembongkaran Bekisting Badan Box	2 days	Mon 26/02/24	Tue 27/02/24	368FS+3 days	Construct	370
370		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Wed 28/02/24	Wed 28/02/24	369	Construct	371
371		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Thu 29/02/24	Thu 29/02/24	370	Construct	372
372		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Fri 01/03/24	Sat 02/03/24	371	Construct	373
373		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Sun 03/03/24	Sun 03/03/24	372	Construct	374FS+3 days



Project: Schedule Probowangi P
Date: Wed 30/07/25

Task
Split
Milestone
Summary
Project Summary
Inactive Task
Inactive Milestone
Inactive Summary
Manual Task
Duration-only
Manual Summary Rollup
Manual Summary
Start-only
Finish-only
External Tasks
External Milestone
Deadline
Critical
Critical Split
Progress
Manual Progress

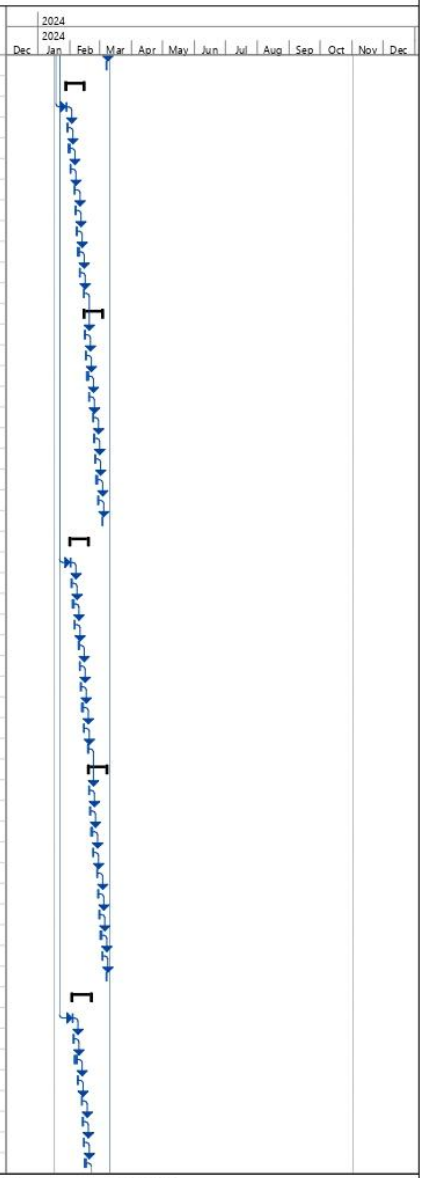
ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Text1	Successors
320		**Box Culvert STA 35+120**	**18 days**	**Wed 31/01/24**	**Sat 17/02/24**			
321		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Wed 31/01/24	Wed 31/01/24	299SS+1 day	Construct	322
322		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Thu 01/02/24	Thu 01/02/24	321	Construct	323
323		Pemasangan Bekisting	2 days	Fri 02/02/24	Sat 03/02/24	322	Construct	324
324		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Sun 04/02/24	Sun 04/02/24	323	Construct	325FS+3 days
325		Pembongkaran Bekisting Badan Box	1 day	Thu 08/02/24	Thu 08/02/24	324FS+3 days	Construct	326
326		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Fri 09/02/24	Fri 09/02/24	325	Construct	327
327		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Sat 10/02/24	Sat 10/02/24	326	Construct	328
328		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Sun 11/02/24	Mon 12/02/24	327	Construct	329
329		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Tue 13/02/24	Tue 13/02/24	328	Construct	330FS+3 days
330		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Sat 17/02/24	Sat 17/02/24	329FS+3 days	Construct	
331		**Box Culvert STA 43+160**	**18 days**	**Sat 27/01/24**	**Tue 13/02/24**			
332		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Sat 27/01/24	Sat 27/01/24	29SS+10 days	Construct	333;354SS+1 day;3
333		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Sun 28/01/24	Sun 28/01/24	332	Construct	334
334		Pemasangan Bekisting	2 days	Mon 29/01/24	Tue 30/01/24	333	Construct	335
335		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Wed 31/01/24	Wed 31/01/24	334	Construct	336FS+3 days
336		Pembongkaran Bekisting Badan Box	1 day	Sun 04/02/24	Sun 04/02/24	335FS+3 days	Construct	337
337		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Mon 05/02/24	Mon 05/02/24	336	Construct	338
338		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Tue 06/02/24	Tue 06/02/24	337	Construct	339
339		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Wed 07/02/24	Thu 08/02/24	338	Construct	340
340		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Fri 09/02/24	Fri 09/02/24	339	Construct	341FS+3 days
341		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Tue 13/02/24	Tue 13/02/24	340FS+3 days	Construct	343
342		**Box Culvert STA 43+220**	**18 days**	**Wed 14/02/24**	**Sat 02/03/24**			
343		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Wed 14/02/24	Wed 14/02/24	341	Construct	344
344		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Thu 15/02/24	Thu 15/02/24	343	Construct	345
345		Pemasangan Bekisting	2 days	Fri 16/02/24	Sat 17/02/24	344	Construct	346
346		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Sun 18/02/24	Sun 18/02/24	345	Construct	347FS+3 days
347		Pembongkaran Bekisting Badan Box	1 day	Thu 22/02/24	Thu 22/02/24	346FS+3 days	Construct	348
348		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Fri 23/02/24	Fri 23/02/24	347	Construct	349
349		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Sat 24/02/24	Sat 24/02/24	348	Construct	350
350		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Sun 25/02/24	Mon 26/02/24	349	Construct	351
351		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Tue 27/02/24	Tue 27/02/24	350	Construct	352FS+3 days
352		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Sat 02/03/24	Sat 02/03/24	351FS+3 days	Construct	
353		**Box Culvert STA 43+375**	**20 days**	**Sun 28/01/24**	**Fri 16/02/24**			
354		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Sun 28/01/24	Sun 28/01/24	332SS+1 day	Construct	355
355		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Mon 29/01/24	Mon 29/01/24	354	Construct	356
356		Pemasangan Bekisting	3 days	Tue 30/01/24	Thu 01/02/24	355	Construct	357
357		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Fri 02/02/24	Fri 02/02/24	356	Construct	358FS+3 days
358		Pembongkaran Bekisting Badan Box	2 days	Tue 06/02/24	Wed 07/02/24	357FS+3 days	Construct	359
359		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Thu 08/02/24	Thu 08/02/24	358	Construct	360
360		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Fri 09/02/24	Fri 09/02/24	359	Construct	361
361		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Sat 10/02/24	Sun 11/02/24	360	Construct	362
362		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Mon 12/02/24	Mon 12/02/24	361	Construct	363FS+3 days
363		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Fri 16/02/24	Fri 16/02/24	362FS+3 days	Construct	365
364		**Box Culvert STA 43+590**	**20 days**	**Sat 17/02/24**	**Thu 07/03/24**			
365		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Sat 17/02/24	Sat 17/02/24	363	Construct	366
366		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Sun 18/02/24	Sun 18/02/24	365	Construct	367
367		Pemasangan Bekisting	3 days	Mon 19/02/24	Wed 21/02/24	366	Construct	368
368		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Thu 22/02/24	Thu 22/02/24	367	Construct	369FS+3 days
369		Pembongkaran Bekisting Badan Box	2 days	Mon 26/02/24	Tue 27/02/24	368FS+3 days	Construct	370
370		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Wed 28/02/24	Wed 28/02/24	369	Construct	371
371		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Thu 29/02/24	Thu 29/02/24	370	Construct	372
372		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Fri 01/03/24	Sat 02/03/24	371	Construct	373
373		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Sun 03/03/24	Sun 03/03/24	372	Construct	374FS+3 days



Project: Schedule Probowangi P
Date: Wed 30/07/25

Task | Summary | Inactive Milestone | Duration-only | Start-only | External Milestone | Critical Split
Split | Project Summary | Inactive Summary | Manual Summary Rollup | Finish-only | Deadline | Progress
Milestone | Inactive Task | Manual Task | Manual Summary | External Tasks | Critical | Manual Progress

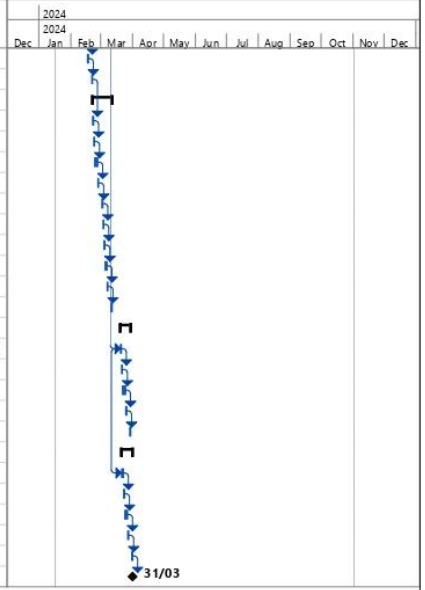
ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Text1	Successors
374		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Thu 07/03/24	Thu 07/03/24	373FS+3 days	Construct	
375		**Box Culvert STA 43+690**	**18 days**	**Sun 28/01/24**	**Wed 14/02/24**			
376		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Sun 28/01/24	Sun 28/01/24	332SS+1 day	Construct	377
377		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Mon 29/01/24	Mon 29/01/24	376	Construct	378
378		Pemasangan Bekisting	2 days	Tue 30/01/24	Wed 31/01/24	377	Construct	379
379		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Thu 01/02/24	Thu 01/02/24	378	Construct	380FS+3 days
380		Pembongkaran Bekisting Badan Box	1 day	Mon 05/02/24	Mon 05/02/24	379FS+3 days	Construct	381
381		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Tue 06/02/24	Tue 06/02/24	380	Construct	382
382		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Wed 07/02/24	Wed 07/02/24	381	Construct	383
383		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Thu 08/02/24	Fri 09/02/24	382	Construct	384
384		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Sat 10/02/24	Sat 10/02/24	383	Construct	385FS+3 days
385		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Wed 14/02/24	Wed 14/02/24	384FS+3 days	Construct	387
386		**Box Culvert STA 43+810**	**18 days**	**Thu 15/02/24**	**Sun 03/03/24**			
387		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Thu 15/02/24	Thu 15/02/24	385	Construct	388
388		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Fri 16/02/24	Fri 16/02/24	387	Construct	389
389		Pemasangan Bekisting	2 days	Sat 17/02/24	Sun 18/02/24	388	Construct	390
390		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Mon 19/02/24	Mon 19/02/24	389	Construct	391FS+3 days
391		Pembongkaran Bekisting Badan Box	1 day	Fri 23/02/24	Fri 23/02/24	390FS+3 days	Construct	392
392		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Sat 24/02/24	Sat 24/02/24	391	Construct	393
393		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Sun 25/02/24	Sun 25/02/24	392	Construct	394
394		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Mon 26/02/24	Tue 27/02/24	393	Construct	395
395		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Wed 28/02/24	Wed 28/02/24	394	Construct	396FS+3 days
396		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Sun 03/03/24	Sun 03/03/24	395FS+3 days	Construct	
397		**Box Culvert STA 43+910**	**18 days**	**Thu 01/02/24**	**Sun 18/02/24**			
398		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Thu 01/02/24	Thu 01/02/24	332SS+5 days	Construct	399
399		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Fri 02/02/24	Fri 02/02/24	398	Construct	400
400		Pemasangan Bekisting	2 days	Sat 03/02/24	Sun 04/02/24	399	Construct	401
401		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Mon 05/02/24	Mon 05/02/24	400	Construct	402FS+3 days
402		Pembongkaran Bekisting Badan Box	1 day	Fri 09/02/24	Fri 09/02/24	401FS+3 days	Construct	403
403		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Sat 10/02/24	Sat 10/02/24	402	Construct	404
404		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Sun 11/02/24	Sun 11/02/24	403	Construct	405
405		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Mon 12/02/24	Tue 13/02/24	404	Construct	406
406		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Wed 14/02/24	Wed 14/02/24	405	Construct	407FS+3 days
407		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Sun 18/02/24	Sun 18/02/24	406FS+3 days	Construct	409
408		**Box Culvert STA 44+010**	**18 days**	**Mon 19/02/24**	**Thu 07/03/24**			
409		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Mon 19/02/24	Mon 19/02/24	407	Construct	410
410		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Tue 20/02/24	Tue 20/02/24	409	Construct	411
411		Pemasangan Bekisting	2 days	Wed 21/02/24	Thu 22/02/24	410	Construct	412
412		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Fri 23/02/24	Fri 23/02/24	411	Construct	413FS+3 days
413		Pembongkaran Bekisting Badan Box	1 day	Tue 27/02/24	Tue 27/02/24	412FS+3 days	Construct	414
414		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Wed 28/02/24	Wed 28/02/24	413	Construct	415
415		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Thu 29/02/24	Thu 29/02/24	414	Construct	416
416		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Fri 01/03/24	Sat 02/03/24	415	Construct	417
417		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Sun 03/03/24	Sun 03/03/24	416	Construct	418FS+3 days
418		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Thu 07/03/24	Thu 07/03/24	417FS+3 days	Construct	
419		**Box Culvert STA 44+160**	**19 days**	**Sat 03/02/24**	**Wed 21/02/24**			
420		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Sat 03/02/24	Sat 03/02/24	332SS+7 days	Construct	421
421		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Sun 04/02/24	Sun 04/02/24	420	Construct	422
422		Pemasangan Bekisting	3 days	Mon 05/02/24	Wed 07/02/24	421	Construct	423
423		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Thu 08/02/24	Thu 08/02/24	422	Construct	424FS+3 days
424		Pembongkaran Bekisting Badan Box	1 day	Mon 12/02/24	Mon 12/02/24	423FS+3 days	Construct	425
425		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Tue 13/02/24	Tue 13/02/24	424	Construct	426
426		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Wed 14/02/24	Wed 14/02/24	425	Construct	427
427		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Thu 15/02/24	Fri 16/02/24	426	Construct	428



Project: Schedule Probowangi P
Date: Wed 30/07/25

Task | Summary | Inactive Milestone | Duration-only | Start-only | External Milestone | Critical Split
Split | Project Summary | Inactive Summary | Manual Summary Rollup | Finish-only | Deadline | Progress
Milestone | Inactive Task | Manual Task | Manual Summary | External Tasks | Critical | Manual Progress

ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Text1	Successors
428		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Sat 17/02/24	Sat 17/02/24	427	Construct	429FS+3 days
429		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Wed 21/02/24	Wed 21/02/24	428FS+3 days	Construct	431
430		**Box Culvert STA 44+210**	**19 days**	**Thu 22/02/24**	**Mon 11/03/24**			
431		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Thu 22/02/24	Thu 22/02/24	429	Construct	432
432		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Fri 23/02/24	Fri 23/02/24	431	Construct	433
433		Pemasangan Bekisting	3 days	Sat 24/02/24	Mon 26/02/24	432	Construct	434
434		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Tue 27/02/24	Tue 27/02/24	433	Construct	435FS+3 days
435		Pembongkaran Bekisting Badan Box	1 day	Sat 02/03/24	Sat 02/03/24	434FS+3 days	Construct	436
436		Pengecoran LC Wing Wall	1 day	Sun 03/03/24	Sun 03/03/24	435	Construct	437
437		Pemasangan Pembesian Wing Wall	1 day	Mon 04/03/24	Mon 04/03/24	436	Construct	438
438		Pemasangan Bekisting Wing Wall	2 days	Tue 05/03/24	Wed 06/03/24	437	Construct	439
439		Pengecoran Wing Wall Box C2	1 day	Thu 07/03/24	Thu 07/03/24	438	Construct	440FS+3 days
440		Pembongkaran Bekisting Wing Wall	1 day	Mon 11/03/24	Mon 11/03/24	439FS+3 days	Construct	
441		**Box Culvert STA 44+277**	**10 days**	**Wed 20/03/24**	**Fri 29/03/24**			
442		Pengecoran LC Badan Box	1 day	Wed 20/03/24	Wed 20/03/24	212SS-1 day	Construct	443;448SS+1 day
443		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Thu 21/03/24	Thu 21/03/24	442	Construct	444
444		Pemasangan Bekisting	3 days	Fri 22/03/24	Sun 24/03/24	443	Construct	445
445		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Mon 25/03/24	Mon 25/03/24	444	Construct	446FS+3 days
446		Pembongkaran Bekisting Badan Box	1 day	Fri 29/03/24	Fri 29/03/24	445FS+3 days	Construct	
447		**Box Culvert STA 44+293**	**11 days**	**Thu 21/03/24**	**Sun 31/03/24**			
448		Pengecoran LC Badan Box	2 days	Thu 21/03/24	Fri 22/03/24	442SS+1 day	Construct	449
449		Pemasangan Pembesian Badan Box	1 day	Sat 23/03/24	Sat 23/03/24	448	Construct	450
450		Pemasangan Bekisting	3 days	Sun 24/03/24	Tue 26/03/24	449	Construct	451
451		Pengecoran Badan Box C2	1 day	Wed 27/03/24	Wed 27/03/24	450	Construct	452FS+3 days
452		Pembongkaran Bekisting Badan Box	1 day	Sun 31/03/24	Sun 31/03/24	451FS+3 days	Construct	453
453		**FINISH**	0 days	Sun 31/03/24	Sun 31/03/24	452		



Project: Schedule Probowangi P
Date: Wed 30/07/25

Task | Split | Milestone | Summary | Project Summary | Inactive Task | Inactive Milestone | Inactive Summary | Manual Task | Duration-only | Manual Summary Rollup | Manual Summary | Start-only | Finish-only | External Tasks | External Milestone | Deadline | Critical | Critical Split | Progress | Manual Progress

Lampiran 4 Harga Satuan Probolinggo Tahun 2023

DAFTAR
HARGA DASAR SATUAN UPAH

No.	U R A I A N	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp.)	KETERANGAN
1	Pekerja	jam	15,000	HSPK Probolinggo 2023
2	Pekerja terampil	jam	15,000	HSPK Probolinggo 2023
3	Tukang	jam	18,214	HSPK Probolinggo 2023
4	Mandor	jam	21,000	HSPK Probolinggo 2023
5	Monitoring Tekanan Air Pori	Bln	48,000,000	HSPK Probolinggo 2023
6	Monitoring Penurunan Vertikal	Bln	48,000,000	HSPK Probolinggo 2023
7	Monitoring Pergerakan Horisontal	Bln	48,000,000	HSPK Probolinggo 2023

DAFTAR
HARGA DASAR SATUAN BAHAN

No.	U R A I A N	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp.)	KETERANGAN
1	Borrow material	m3	20,000	HSPK Probolinggo 2023
2	Urugan pilihan	m3	150,000	HSPK Probolinggo 2023
3	Material berbutir	m3	106,500	HSPK Probolinggo 2023
4	Agregat 0-5	m3	315,000	HSPK Probolinggo 2023
5	Agregat 20-30	m3	315,000	HSPK Probolinggo 2023
6	Agregat 5-10 & 10-20	m3	315,000	HSPK Probolinggo 2023
7	Batu belah	m3	110,000	HSPK Probolinggo 2023
8	Pasangan Batu Kosong	m3	245,737	HSPK Probolinggo 2023
9	Batu Pecah	m3	190,000	HSPK Probolinggo 2023
10	Agregat Kelas A	m3	250,000	HSPK Probolinggo

No.	U R A I A N	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp.)	KETERANGAN
				2023
11	Agregat Kelas B	m3	150,000	HSPK Probolinggo 2023
12	Lapis Drainase	m3	150,000	HSPK Probolinggo 2023
13	Lapis Separator	m3	50,000	HSPK Probolinggo 2023
14	Pasir pasang	m3	120,000	HSPK Probolinggo 2023
15	Pasir Urug	m3	150,000	HSPK Probolinggo 2023
16	RCP dia. 60 cm, M8 - K350	m1	756,000	HSPK Probolinggo 2023
17	Pipa Perforated 6"	m1	110,000	HSPK Probolinggo 2023
18	Pipa Perforated 8"	m1	180,000	HSPK Probolinggo 2023
19	Bahan Porous	m3	270,000	HSPK Probolinggo 2023
20	Aspal prime coat	kg	14,000	HSPK Probolinggo 2023
21	Aspal tack coat	kg	15,000	HSPK Probolinggo 2023
22	Filler	kg	1,300	HSPK Probolinggo 2023
23	Aspal Keras	kg	10,600	HSPK Probolinggo 2023
24	Anti Striping Agent	kg	65,000	HSPK Probolinggo 2023
25	Aspal PG 70/76	ton	19,500,000	HSPK Probolinggo 2023
26	Portland cement	kg	1,330	HSPK Probolinggo 2023
27	Mortar	m3	3,000,000	HSPK Probolinggo 2023
28	Non shrink Mortar	kg	6,000	HSPK Probolinggo 2023
29	Besi beton BJTS 520	kg	10,560	HSPK Probolinggo 2023
30	Pembesian beton BJTS 520	kg	12,747	HSPK Probolinggo 2023
31	Dowel Bar P 38, L=45 cm	Btg	51,280	HSPK Probolinggo 2023
32	Kawat las	kg	28,767	HSPK Probolinggo

No.	U R A I A N	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp.)	KETERANGAN
				2023
33	Kawat bendrat	kg	24,350	HSPK Probolinggo 2023
34	Joint Sealent	Kg	67,108	HSPK Probolinggo 2023
35	Cat Anti Karat	Kg	35,000	HSPK Probolinggo 2023
36	Expansion Cap	Pcs	3,050	HSPK Probolinggo 2023
37	Polytene 125 mikron	m2	2,500	HSPK Probolinggo 2023
38	Curing Compound	kg	46,200	HSPK Probolinggo 2023
39	Wiremesh M6	m2	55,651	HSPK Probolinggo 2023
40	Wiremesh M8	m2	98,897	HSPK Probolinggo 2023
41	Kayu Siku 4cm x 4 cm	m'	6,000	HSPK Probolinggo 2023
42	Plastik Cor	m2	7,300	HSPK Probolinggo 2023
43	Geotextile -Woven 100 KN	m2	14,000	HSPK Probolinggo 2023
44	Geotextile -Non Woven Kelas 1	m2	13,500	HSPK Probolinggo 2023
45	Geotextile -Non Woven Kelas 2	m2	12,500	HSPK Probolinggo 2023
46	Multipleks 18 mm	lbr	390,000	HSPK Probolinggo 2023
47	Pagar BRC	m'	810,000	HSPK Probolinggo 2023
48	Bekisting (Barrier)	m2	200,000	HSPK Probolinggo 2023
49	Bekisting Drainase	m2	250,000	HSPK Probolinggo 2023
50	Bekisting (Pierhead)	m2	680,000	HSPK Probolinggo 2023
51	Bekisting (Pile Cap)	m2	275,000	HSPK Probolinggo 2023
52	Bekisting (Kolom)	m2	250,000	HSPK Probolinggo 2023
53	Beksiting (Plat Lantai Kantilever)	m2	350,000	HSPK Probolinggo 2023
54	Beksiting (Diafragma)	m2	200,000	HSPK Probolinggo

No.	U R A I A N	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp.)	KETERANGAN
				2023
55	Beksiting Box Traffic	m2	300,000	HSPK Probolinggo 2023
56	Beksiting Box Culvert	m2	300,000	HSPK Probolinggo 2023
57	Beksiting (Abutment)	m2	275,000	HSPK Probolinggo 2023
58	Bekisting Multipleks	m2	250,000	HSPK Probolinggo 2023
59	Beton kelas B-1	m3	940,000	HSPK Probolinggo 2023
60	Beton kelas B-2	m3	1,000,000	HSPK Probolinggo 2023
61	Beton kelas C	m3	860,000	HSPK Probolinggo 2023
62	Beton kelas D	m3	800,000	HSPK Probolinggo 2023
63	Beton kelas E	m3	760,000	HSPK Probolinggo 2023
64	Beton kelas P (Fs = 45)	m3	950,000	HSPK Probolinggo 2023
65	Water Stop	m	215,000	HSPK Probolinggo 2023
66	Casing Borepile D80	m2	376,800	HSPK Probolinggo 2023
67	Sambungan Siar Muai Tipe D-1 (Rubberized Bitumen Binder Tipe 5	m	1,100,000	HSPK Probolinggo 2023
68	Slurry Polymer	kg	70,000	HSPK Probolinggo 2023
69	PCI Girder, bentang 14.6 m - 16.0 m ; h = 0,9 m m ; CTC 2.1	bh	70,040,150	HSPK Probolinggo 2023
70	PCI Girder, bentang 20 m - 22 m ; h = 1,25 m ; CTC 2.1	bh	104,590,650	HSPK Probolinggo 2023
71	PCI Girder, bentang 25 m - 27 m ; h = 1,6 m ; CTC 2.1	bh	170,046,450	HSPK Probolinggo 2023
72	PCI Girder, bentang 33 m -35 m ; h = 1,85 m ; CTC 2.1	bh	275,347,650	HSPK Probolinggo 2023
73	PCI Girder, bentang 39.0 m - 41.0 m ; h = 2,1 m ; CTC 2.1	bh	345,657,550	HSPK Probolinggo 2023
74	Concrete Sheet Pile W325 Tipe A	m'	1,020,000	HSPK Probolinggo 2023
75	Sirtu	m3	161,667	HSPK Probolinggo 2023
76	Bearing pad (450 x 650 x 56) fix	bh	5,650,000	HSPK Probolinggo

No.	U R A I A N	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp.)	KETERANGAN
				2023
77	Bearing pad (450 x 650 x 56) mov	bh	5,650,000	HSPK Probolinggo 2023
78	Bearing pad (450 x 550 x 60) mov	bh	5,400,000	HSPK Probolinggo 2023
79	Bearing pad (450 x 550 x 60) fix	bh	5,400,000	HSPK Probolinggo 2023
80	Bearing pad (350 x 400 x 40) fix	bh	2,300,000	HSPK Probolinggo 2023
81	Bearing pad (350 x 400 x 40) mov	bh	2,300,000	HSPK Probolinggo 2023
82	Bearing pad (420 x 500 x 50) mov	bh	3,740,000	HSPK Probolinggo 2023
83	Bearing pad (420 x 500 x 50) fix	bh	3,740,000	HSPK Probolinggo 2023
84	Elastomeric Bearing Pad 380 x 480 x 49 (Mov.)	bh	1,534,400	HSPK Probolinggo 2023
85	Elastomeric Bearing Pad 380 x 480 x 49 (Fix.)	bh	1,534,400	HSPK Probolinggo 2023
86	Elastomeric Bearing Pad 380 x 480 x 64 (Mov.)	bh	2,118,400	HSPK Probolinggo 2023
87	Elastomeric Bearing Pad 380 x 480 x 64 (Fix.)	bh	2,118,400	HSPK Probolinggo 2023
88	Rubber Bearing Sheet 200x20	bh	221,000	HSPK Probolinggo 2023
89	Rubber Bearing Sheet 150 x 300 x 20	bh	850,000	HSPK Probolinggo 2023
90	Anchor Bar dengan perlengkapan	kg	71,301	HSPK Probolinggo 2023
91	Dinding penahan sementara	m1	20,000	HSPK Probolinggo 2023
92	Gebalan Rumput	m2	14,500	HSPK Probolinggo 2023
93	Guard Rail tipe A	m1	630,000	HSPK Probolinggo 2023
94	Pintu Pagar Tipe - C, U-Turn (Median Opening)	bh	10,200,000	HSPK Probolinggo 2023
95	Bagian ujung Guard Rail	bh	200,000	HSPK Probolinggo 2023
96	Bagian Ujung Guardrail Pada Nose Diverging (Crash Cushions)	bh	243,000,000	HSPK Probolinggo 2023
97	Chainlink Fence	m1	2,400,000	HSPK Probolinggo 2023
98	Rambu Pengaturan dan Peringatan, Tipe A	bh	3,097,310	HSPK Probolinggo

No.	U R A I A N	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp.)	KETERANGAN
	- 1			2023
99	Rambu Pengaturan dan Peringatan, Tipe A - 2	bh	4,042,764	HSPK Probolinggo 2023
100	Rambu Pengaturan dan Peringatan Type - A-3B (Tipe F)	buah	4,462,546	HSPK Probolinggo 2023
101	Rambu Pengaturan dan Peringatan Type - A-4	buah	4,462,546	HSPK Probolinggo 2023
102	Rambu Pengaturan dan Peringatan Type - A-4B (Tipe F)	buah	4,689,455	HSPK Probolinggo 2023
103	Rambu Pengaturan dan Peringatan, Tipe B - 1	bh	4,799,128	HSPK Probolinggo 2023
104	Rambu Pengaturan dan Peringatan, Tipe B - 2	bh	5,706,764	HSPK Probolinggo 2023
105	Rambu Pengaturan dan Peringatan, Tipe C	bh	6,795,928	HSPK Probolinggo 2023
106	Rambu Petunjuk Tipe A-3B (Tipe F)	buah	46,044,582	HSPK Probolinggo 2023
107	Rambu Petunjuk Tipe A-4	buah	46,044,582	HSPK Probolinggo 2023
108	Rambu Petunjuk Tipe A-4A (Tipe F)	buah	48,350,546	HSPK Probolinggo 2023
109	Rambu Petunjuk Tipe A-4B (Tipe F)	buah	50,770,910	HSPK Probolinggo 2023
110	Rambu Petunjuk, Tipe A - 1	buah	41,000,000	HSPK Probolinggo 2023
111	Rambu Petunjuk, Tipe A - 2	buah	33,000,000	HSPK Probolinggo 2023
112	Rambu Petunjuk, Tipe A - 3	buah	48,000,000	HSPK Probolinggo 2023
113	Rambu Petunjuk, Tipe A - 5	buah	55,000,000	HSPK Probolinggo 2023
114	Rambu Petunjuk, Tipe B - 2	buah	80,000,000	HSPK Probolinggo 2023
115	Rambu Petunjuk, Tipe C - 1	buah	86,557,310	HSPK Probolinggo 2023
116	Rambu Petunjuk Tipe C-2	buah	90,885,175	HSPK Probolinggo 2023
117	Rambu Petunjuk Tipe D-2 (Portal)	buah	267,399,128	HSPK Probolinggo 2023
118	Rambu Petunjuk, Tipe D	buah	245,000,000	HSPK Probolinggo 2023
119	Cat Marka	kg	10,500	HSPK Probolinggo 2023
120	Glass Bit	Kg	35,018	HSPK Probolinggo

No.	U R A I A N	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp.)	KETERANGAN
				2023
121	Panel pagar 5 x 40 x 240 cm	buah	200,000	HSPK Probolinggo 2023
122	Tiang beton 300 cm	buah	220,000	HSPK Probolinggo 2023
123	Kawat berduri	m'	21,000	HSPK Probolinggo 2023
124	Pipa PVC dia 20 cm AW	m1	195,300	HSPK Probolinggo 2023
125	Accessories Pipa PVC dia 20 cm AW	ls	106,855	HSPK Probolinggo 2023
126	Pipa PVC dia 15 cm AW	m1	168,650	HSPK Probolinggo 2023
127	Accessories Pipa PVC dia 15 cm AW	ls	66,028	HSPK Probolinggo 2023
128	Deck Drain type 1	buah	805,000	HSPK Probolinggo 2023
129	Deck Drain type 2	buah	1,100,000	HSPK Probolinggo 2023
130	Patok Kilometer	buah	945,455	HSPK Probolinggo 2023
131	Tanah Pupuk	m3	500,000	HSPK Probolinggo 2023
132	Spandek tebal 1 mm	m2	280,000	HSPK Probolinggo 2023
133	Blok Beton K-300	m2	110,000	HSPK Probolinggo 2023
134	Sleeper Beton	buah	680,000	HSPK Probolinggo 2023
135	Gas Elpiji	kg	16,667	HSPK Probolinggo 2023
136	Nyamplung (Calophylum Inophyllum)	buah	350,000	HSPK Probolinggo 2023
137	Ketapang(Terminallia Cattapa)	buah	450,000	HSPK Probolinggo 2023
138	Bungur Merah (Iagerstroemia Speciosa)	buah	585,000	HSPK Probolinggo 2023
139	Bungur Pink (Iagerstroemia Speciosa)	buah	640,000	HSPK Probolinggo 2023
140	Bungur Putih (Iagerstroemia Speciosa)	buah	640,000	HSPK Probolinggo 2023
141	Bintaro (Cerbera Oddlam)	buah	375,000	HSPK Probolinggo 2023
142	Waru Laut (Hibiscus Tillaceus)	buah	375,000	HSPK Probolinggo

No.	U R A I A N	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp.)	KETERANGAN
				2023
143	Mahoni (Swietania Mahagoni)	buah	325,000	HSPK Probolinggo 2023
144	Akasia Daun Lebar	buah	475,000	HSPK Probolinggo 2023
145	Akasia daun lebar (Acacia mangium)	buah	770,000	HSPK Probolinggo 2023
146	Bunga kupu kupu/ Butterfly (Bauhinia purpurea)	buah	685,000	HSPK Probolinggo 2023
147	Dadap Merah (Erythirina Variegata)	buah	450,000	HSPK Probolinggo 2023
148	Bogenvil (Bougainvllea varigata) Median	buah	255,000	HSPK Probolinggo 2023
149	Bogenvil Varigata Bunga Kuning (Bougainvillea sp)	buah	445,000	HSPK Probolinggo 2023
150	Flamboyan (Delonix regia)	buah	445,000	HSPK Probolinggo 2023
151	Kembang Merak (Caesalpinia pulcherrima)	buah	65,000	HSPK Probolinggo 2023
152	Kembang sepatu (Hibiscus rosa sinensis)	buah	65,000	HSPK Probolinggo 2023
153	Oleander (Nerrium oleander)	buah	65,000	HSPK Probolinggo 2023
154	Palem putri (Veithia merrilli)	buah	400,000	HSPK Probolinggo 2023
155	Tabebuya Putih	buah	255,000	HSPK Probolinggo 2023
156	Tabebuya Ungu (Tabebuia)	buah	255,000	HSPK Probolinggo 2023
157	Tabebuya Pink (Tabebuia rosea)	buah	255,000	HSPK Probolinggo 2023
158	Tabebuya Kuning (Tabebuia)	buah	255,000	HSPK Probolinggo 2023
159	Akalipa hijau kuning (Acalypha wikesiana)	buah	160,000	HSPK Probolinggo 2023
160	Bambu Cina	buah	45,000	HSPK Probolinggo 2023
161	Gelodogan Tiang (Polyalthia longifolia)	buah	160,000	HSPK Probolinggo 2023
162	Angsana (Pterocarpus Indiscus)	buah	135,000	HSPK Probolinggo 2023
163	Soka (Ixora SP)	buah	10,000	HSPK Probolinggo 2023
164	Flamboyan Merah (Delonix Regia)	buah	400,000	HSPK Probolinggo

No.	U R A I A N	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp.)	KETERANGAN
				2023
165	Galinggem (Bixa Orllana)	buah	450,000	HSPK Probolinggo 2023
166	Dadap Kuning (Erytrhyna Variegata)	buah	160,000	HSPK Probolinggo 2023
167	Biola Cantik	buah	350,000	HSPK Probolinggo 2023
168	Butterfly Buah	buah	425,000	HSPK Probolinggo 2023
169	Dadap Merah (Erythrina Oristagal)	buah	425,000	HSPK Probolinggo 2023
170	Kelapa Sawit (Elais Guineensis)	buah	300,000	HSPK Probolinggo 2023
171	Trembesi (Samanea Saman)	buah	425,000	HSPK Probolinggo 2023
172	Jati mas	buah	350,000	HSPK Probolinggo 2023
173	Bunga Kupu-Kupu (Bauhina Purpurea)	buah	400,000	HSPK Probolinggo 2023
174	Pucuk Merah (Eyzigium Oleana)	buah	425,000	HSPK Probolinggo 2023
175	Tabebuya (Handroanthus Chrysotrichus)	buah	350,000	HSPK Probolinggo 2023
176	Patok Pengarah (Guide Post), Tipe A	buah	236,364	HSPK Probolinggo 2023
177	Patok Pengarah (Guide Post), Tipe B	bh	189,091	HSPK Probolinggo 2023
178	Patok Rumija, Tipe A	bh	141,819	HSPK Probolinggo 2023
179	Besi siku 40*40*4	m'	26,620	HSPK Probolinggo 2023
180	Air	ltr	75	HSPK Probolinggo 2023
181	Pipa PVC dia. 1"	m'	35,000	HSPK Probolinggo 2023
182	Pipa PVC dia. 2"	m'	50,025	HSPK Probolinggo 2023
183	Pipa PVC dia 4" AW	m'	141,450	HSPK Probolinggo 2023
184	Deliniator tipe B	bh	100,000	HSPK Probolinggo 2023
185	Kerb Beton A	bh	162,243	HSPK Probolinggo 2023
186	Semak Kotak Tanaman Tipe 2	bh	8,500,000	HSPK Probolinggo

No.	U R A I A N	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp.)	KETERANGAN
				2023
187	Prefabricated Horisontal Drain	m'	34,800	HSPK Probolinggo 2023
188	Prefabricated Vertikal Drain	m'	4,620	HSPK Probolinggo 2023
189	Vibrating Wire Piezometer	bh	45,000,000	HSPK Probolinggo 2023
190	Settlement Plate	bh	4,200,000	HSPK Probolinggo 2023
191	Inclinometer	bh	36,000,000	HSPK Probolinggo 2023
192	Minipile 25x25	m'	163,500	HSPK Probolinggo 2023
193	Joint Socket t = 6 mm	set	300,000	HSPK Probolinggo 2023
194	Kawat Bronjong Galvanis Lapis PVC	Kg	41,000	HSPK Probolinggo 2023
195	Tiang Pancang Baja Diameter 80 Cm, t=12 mm	Ton	19,580,000	HSPK Probolinggo 2023
196	Kayu Landasan	m3	4,500,000	HSPK Probolinggo 2023
197	Plat Besi	Kg	36,000	HSPK Probolinggo 2023
198	Plat Besi t=5mm	m2	800,000	HSPK Probolinggo 2023
199	Coating FBE	m2	270,000	HSPK Probolinggo 2023
200	Box culvert uk. 1,5 x 1,5, L=1 m	pcs	10,323,906	HSPK Probolinggo 2023
201	Box culvert uk. 2 x 2, L=1 m	pcs	21,197,750	HSPK Probolinggo 2023
202	End Stop Cor	m'	8,000	HSPK Probolinggo 2023
203	Concrete Barrier Tipe A	m'	1,410,000	HSPK Probolinggo 2023
204	Concrete Barrier Tipe B	m'	1,000,000	HSPK Probolinggo 2023
205	Geocell 15 cm	m2	86,200	HSPK Probolinggo 2023
206	Crash Cushion	m3	270,000,000	HSPK Probolinggo 2023
207	Lampu PJU tinggi 13 m, Tipe A (1x150) jenis LED Smart System	bh	22,507,669	HSPK Probolinggo 2023
208	Lampu PJU tinggi 13 m, Tipe A (2x150)	bh	32,896,142	HSPK Probolinggo

No.	U R A I A N	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp.)	KETERANGAN
	jenis LED Smart System			2023
209	Lampu PJU, Tinggi 13 m, Tipe A (1 x 120 Watt), Jenis LED, Dimming System	buah	18,909,091	HSPK Probolinggo 2023
210	Lampu PJU, Tinggi 13 m, Tipe B (2 x 120 Watt), Jenis LED, Dimming System	buah	26,472,728	HSPK Probolinggo 2023
211	Lampu PJU, Tinggi 11 m, Tipe C (3 x 120 Watt), Jenis LED Dimming System	buah	26,780,000	HSPK Probolinggo 2023
212	Lampu Menara (High Mast), Tinggi 30 m,	bh	235,085,118	HSPK Probolinggo 2023
213	Lampu Menara (High Mast), Tinggi 20 m,	bh	130,000,000	HSPK Probolinggo 2023
214	Lampu Penerangan Bawah Jembatan / Tunnel (1 x 120 Watt)	bh	5,793,500	HSPK Probolinggo 2023
215	Lampu Penerangan Bawah Jembatan / Tunnel (1 x 80 Watt)	bh	4,668,000	HSPK Probolinggo 2023
216	Lampu Kedip (Flashing Light)	unit	2,600,000	HSPK Probolinggo 2023
217	Penangkal Petir Lampu Menara (termasuk Box Grounding dan Grou	bh	78,000,000	HSPK Probolinggo 2023
218	Kabel NYFGBY 2C - 10 mm2	m1	121,247	HSPK Probolinggo 2023
219	Kabel NYFGBY 3C - 10 mm2	m	98,800	HSPK Probolinggo 2023
220	Kabel NYFGBY 3C - 16 mm2	m	150,800	HSPK Probolinggo 2023
221	Kabel NYFGBY 4C - 6 mm2	m	88,400	HSPK Probolinggo 2023
222	Kabel NYFGBY 4C - 10 mm2	m	150,800	HSPK Probolinggo 2023
223	Kabel NYFGBY 4C - 16 mm2	m	171,600	HSPK Probolinggo 2023
224	Panel PJU (Termasuk Box dan Pondasi)	buah	46,800,000	HSPK Probolinggo 2023
225	Box dan Pondasi Panel Meter PLN	buah	26,000,000	HSPK Probolinggo 2023
226	Kabel NYFGBY 4C - 25 mm2	m1	427,815	HSPK Probolinggo 2023
227	Kabel NYFGBY 4C - 35 mm2	m1	373,444	HSPK Probolinggo 2023
228	Kabel NYFGBY 4C - 50 mm2	m1	611,955	HSPK Probolinggo 2023
229	Panel PJU 1 (termasuk Box dan Pondasi)	unit	22,048,636	HSPK Probolinggo

No.	U R A I A N	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp.)	KETERANGAN
				2023
230	Panel PJU Gerbang Tol (Pondasi &Box panel PJU Gerbang Tol)	unit	19,717,273	HSPK Probolinggo 2023
231	Box dan Pondasi Panel Meter PLN	unit	23,522,727	HSPK Probolinggo 2023
232	Kabel NYFGBY 4C - 95 mm2	m1	1,139,063	HSPK Probolinggo 2023
233	Panel Meter PLN (Pondasi & Box Panel)	unit	20,800,000	HSPK Probolinggo 2023
234	Kabel NYFGBY 4 x 10 mm2	m1	150,800	HSPK Probolinggo 2023
235	Panel Kontrol LPL (Pondasi &BoxPanel LPL)	unit	26,000,000	HSPK Probolinggo 2023
236	Bak kontrol Listrik	buah	2,600,000	HSPK Probolinggo 2023
237	Pipa galvanis diameter 6 “ (2 jalur)	m1	1,300,000	HSPK Probolinggo 2023
238	Kabel NYFGBY 3 x 10 mm2	m1	132,700	HSPK Probolinggo 2023
239	Kabel BC 10 mm2	m1	32,484	HSPK Probolinggo 2023
240	Lampu LPL (Lampu Pengatur Lalulintas) Tipe-1	unit	15,080,000	HSPK Probolinggo 2023
241	Lampu LPL (Lampu Pengatur Lalulintas) Tipe-2	unit	32,954,545	HSPK Probolinggo 2023
242	Tiang besi pengaman lampu LPL	buah	2,600,000	HSPK Probolinggo 2023
243	Pelindung Kabel atau Alur Saluran Kabel	m1	37,009	HSPK Probolinggo 2023
244	Penyambungan Daya	KVA	1,180,000	HSPK Probolinggo 2023
245	Pengujian pH	buah	165,455	HSPK Probolinggo 2023
246	Pengujian Oksigen Terlarut (DO)	buah	212,728	HSPK Probolinggo 2023
247	Pengujian Zat Padat Terlarut (TDS)	buah	189,091	HSPK Probolinggo 2023
248	Pengujian Zat Padat Tersuspensi (TSS)	buah	141,819	HSPK Probolinggo 2023
249	Pengujian Biological Oxygen Demand (BOD)	buah	590,910	HSPK Probolinggo 2023
250	Pengujian Chemical Oxygen Demand (COD)	buah	732,728	HSPK Probolinggo 2023
251	Pengujian Coliform	buah	1,205,455	HSPK Probolinggo

No.	U R A I A N	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp.)	KETERANGAN
				2023
252	Pengujian E.Coli	buah	921,819	HSPK Probolinggo 2023
253	Pengujian Destruksi Cu, Pb, Cd, Ni, Fe, Zn, Ag, Co, Mn	buah	425,455	HSPK Probolinggo 2023
254	Pengujian Temperatur	buah	94,546	HSPK Probolinggo 2023
255	Pengujian Parameter Kualitas Air lainnya :	buah	543,637	HSPK Probolinggo 2023
256	Pengujian Vibrasi Lingkungan untuk Kenyamanan dan Kesehatan	buah	543,637	HSPK Probolinggo 2023
257	Pengujian tingkat getaran kendaraan bermotor	buah	543,637	HSPK Probolinggo 2023
258	Pengujian Parameter Kebisingan dan/atau Getaran lainnya	buah	806,000	HSPK Probolinggo 2023
259	Pengujian NOx	buah	732,728	HSPK Probolinggo 2023
260	Pengujian Sulfurdioksida (SO2)	buah	590,910	HSPK Probolinggo 2023
261	Pengujian Karbondioksida (CO2)	buah	614,546	HSPK Probolinggo 2023
262	Pengujian Hidrokarbon (HC) - CH4	buah	449,091	HSPK Probolinggo 2023
263	Pengujian Total Partikulat Tersuspensi (TSP) – Debu	buah	496,364	HSPK Probolinggo 2023
264	Pengujian Timah Hitam (Pb)	buah	921,819	HSPK Probolinggo 2023
265	Pengujian Parameter Udara Emisi dan Ambien lainnya :	buah	16,625,000	HSPK Probolinggo 2023
266	Koden Test (Pemantauan Ultrasonik Profil Pengeboran)	titik	2,500,000	HSPK Probolinggo 2023
267	Bobok Borepile dia 1,5 m	titik	1,800,000	HSPK Probolinggo 2023
268	Pile Integrity Test (PIT) bore pile	titik	1,750,000	HSPK Probolinggo 2023
269	Pondasi Bore Pile D=80 cm+Pengujian Beban Statis	titik	162,000,000	HSPK Probolinggo 2023
270	Pengujian Pembebanan Dinamis untukTiang Beton Cor Cast-in-Plac	titik	12,290,910	HSPK Probolinggo 2023
271	Pemantauan Pengukuran Ultrasonik Untuk Tiang Beton Cor Cast-in	titik	14,654,546	HSPK Probolinggo 2023
272	Lubang Kontrol Listrik Tipe A	buah	670,800	HSPK Probolinggo 2023
273	Pipa Utilitas, tipe 3	m	115,251	HSPK Probolinggo

No.	U R A I A N	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp.)	KETERANGAN
				2023
274	Pulau Tol Tipe A (Standar)	buah	47,373,891	HSPK Probolinggo 2023
275	Pulau Tol Tipe B (Standar Dengan Lubang Tangga)	buah	99,056,672	HSPK Probolinggo 2023
276	Pulau Tol Tipe F (Untuk gerbang Sisi Luar)	buah	75,668,510	HSPK Probolinggo 2023
277	Short Booth Untuk Tipe Otomatis (GTO)	buah	141,818,182	HSPK Probolinggo 2023
278	Atap Gerbang Tol untuk 4 pulau	buah	2,363,636,364	HSPK Probolinggo 2023
279	Genset Bergerak (Sound Proof Tailer) 30 KVA	buah	226,909,091	HSPK Probolinggo 2023
280	Jalan, Lapangan Parkir, Drainase, Pembuangan Air Kotor, Pagar Da	lump sum	997,830,527	HSPK Probolinggo 2023
281	Kantor Operasional	buah	2,112,381,819	HSPK Probolinggo 2023
282	Guard and Security House	buah	317,672,728	HSPK Probolinggo 2023
283	Highway Patrol Office	buah	317,672,728	HSPK Probolinggo 2023
284	Mushola	buah	317,672,728	HSPK Probolinggo 2023
285	Rumah Generator	buah	212,727,273	HSPK Probolinggo 2023
286	Menara Air dan Pasokan, Tipe A (8000 Liter)	buah	70,909,091	HSPK Probolinggo 2023
287	Instalasi Listrik	lump sum	2,616,806,032	HSPK Probolinggo 2023
288	Sistem Pemipaan dan Pemadam Kebakaran	lump sum	1,654,545,455	HSPK Probolinggo 2023
289	System Alarm Pemadam Kebakaran	buah	297,914,482	HSPK Probolinggo 2023
290	Air Condition	buah	141,818,182	HSPK Probolinggo 2023
291	Intercom System Untuk Kantor Tipe A	buah	70,909,091	HSPK Probolinggo 2023
292	Cofferdam Kayu Dolken L=4 m' (2x pakai)	m'	750,000	HSPK Probolinggo 2023
293	Dewatering	jam	1,500,000	HSPK Probolinggo 2023
294	Pengujian Pembebanan Jembatan	ls	454,000,000	HSPK Probolinggo 2023
295	Bak kontrol Listrik	bh	1,199,136	HSPK Probolinggo

No.	U R A I A N	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp.)	KETERANGAN
				2023
295	Relokasi Tiang Listrik SUTR	titik	200,000,000	HSPK Probolinggo 2023
296	Relokasi Tiang Listrik SUTM	titik	250,000,000	HSPK Probolinggo 2023
297	Jaring Pengaman Kabel Listrik	titik	9,373,636,364	HSPK Probolinggo 2023
298	Relokasi Tiang Telkom	titik	75,000,000	HSPK Probolinggo 2023
299	Soil Investigation	m	825,000	HSPK Probolinggo 2023

DAFTAR
HARGA DASAR SATUAN ALAT

No.	U R A I A N	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp.)	KETERANGAN
1	Excavator Back Hoe	jam	745,800	HSPK Probolinggo 2023
2	Dump truck 25 ton	jam	1,200,000	HSPK Probolinggo 2023
3	Dump truck 15 ton	jam	1,070,000	HSPK Probolinggo 2023
4	Vibro Comp. Smooth Drum	jam	608,700	HSPK Probolinggo 2023
5	Vibro Comp. Padfoot Drum	jam	634,900	HSPK Probolinggo 2023
6	Motor Grader	jam	926,700	HSPK Probolinggo 2023
7	Bulldozer	jam	1,082,700	HSPK Probolinggo 2023
8	Slipform Concrete Paver + DBI	jam	3,654,300	HSPK Probolinggo 2023
9	Water tanker Truck	jam	547,400	HSPK Probolinggo 2023
10	Tamping rammer	jam	24,700	HSPK Probolinggo 2023
11	Wheel loader	jam	813,400	HSPK Probolinggo 2023
12	Asphalt distributor	jam	557,400	HSPK Probolinggo 2023
13	Air compressor	jam	231,100	HSPK Probolinggo 2023
14	Asphalt mixing plant	jam	15,664,500	HSPK Probolinggo 2023
15	Genset 400 kva	jam	1,597,100	HSPK Probolinggo 2023
16	Asphalt finisher	jam	1,342,100	HSPK Probolinggo 2023
17	Agregate Spreader	jam	1,342,100	HSPK Probolinggo 2023
18	Tandem roller	jam	648,500	HSPK Probolinggo 2023
19	Tyre roller	jam	864,800	HSPK Probolinggo 2023
20	Concrete vibrator	jam	31,600	HSPK Probolinggo 2023
21	Concrete Pump Truck	jam	1,767,100	HSPK Probolinggo 2023
22	Bar bender	jam	19,700	HSPK Probolinggo

No.	U R A I A N	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp.)	KETERANGAN
				2023
23	Bar Cutter	jam	19,700	HSPK Probolinggo 2023
24	Genset 40 Kva	jam	205,900	HSPK Probolinggo 2023
25	Crawler crane 100 ton	jam	1,393,000	HSPK Probolinggo 2023
26	Multi Axle	jam	2,862,600	HSPK Probolinggo 2023
27	Crawler Crane 35 ton	jam	728,500	HSPK Probolinggo 2023
28	Crawler Crane 70 Ton	jam	1,127,100	HSPK Probolinggo 2023
29	Welding set	jam	41,300	HSPK Probolinggo 2023
30	Concrete mixer	jam	53,300	HSPK Probolinggo 2023
31	Concrete cutter	jam	64,000	HSPK Probolinggo 2023
32	Flat Bed truck	jam	1,507,600	HSPK Probolinggo 2023
33	Paint Heater	jam	23,600	HSPK Probolinggo 2023
34	Paint Sprayer	jam	23,600	HSPK Probolinggo 2023
35	Pick Up	jam	366,700	HSPK Probolinggo 2023
36	Alat bantu (chair untuk pengecoran manual)	jam	-	HSPK Probolinggo 2023
37	Truck Crane	jam	1,162,200	HSPK Probolinggo 2023
38	Alat Potong (Chainsaw)	jam	15,400	HSPK Probolinggo 2023
39	Hidraulik Breaker	jam	84,900	HSPK Probolinggo 2023
40	Baby roller	jam	173,000	HSPK Probolinggo 2023
41	Pompa air	jam	86,900	HSPK Probolinggo 2023
42	Mobile Crane 30 Ton	jam	1,640,800	HSPK Probolinggo 2023
43	Mini Excavator	jam	420,500	HSPK Probolinggo 2023
44	Crawler crane 150 ton	jam	1,661,200	HSPK Probolinggo 2023

No.	U R A I A N	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp.)	KETERANGAN
45	Truss + Hydraulic PowerPack untuk 2 Span	jam	22,000,000	HSPK Probolinggo 2023
46	Ponton	jam	1,369,600	HSPK Probolinggo 2023
47	Bondex (Union New Floor Deck W-1000)	lembar	243,000	HSPK Probolinggo 2023
48	Rig PVD	jam	1,500,000	HSPK Probolinggo 2023

No.	U R A I A N	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp.)	KETERANGAN
48	Drop Hammer	jam	557,400	HSPK Probolinggo 2023
49	Hammer Pancang	jam	308,428	HSPK Probolinggo 2023
50	Manlift	jam	544,000	HSPK Probolinggo 2023
51	Jack Hammer	jam	23,800	HSPK Probolinggo 2023
52	Drop Hammer Guardrail	jam	281,200	HSPK Probolinggo 2023
53	Rig Bor Hidraulic	jam	2,228,700	HSPK Probolinggo 2023

Lampiran 5 Rekapitulasi Volume dan Rencana Anggaran Pelaksanaan

NO	ITEM PEKERJAAN	SATUAN	VOLUME KONVEN	VOLUME BIM	HARGA PEKERJAAN KONVEN	HARGA PEKERJAAN BIM
1	**PEKERJAAN PERSIAPAN**					
	Pembersihan Lahan STA 43+475 - 44+300 (825 M)	m^2	33423,62	33423,62	Rp 346.898.306	Rp 346.898.306
	Pembersihan Lahan STA 44+300 - 44+500 (200 M)	m^2	22282,41	22282,41	Rp 1.633.070.376	Rp 1.633.070.376
2	**PEKERJAAN AT GRADE**					
	Pekerjaan Tanah					
	STA 32+000-32+450					
	Pekerjaan Penghamparan Timbunan Tanah	m^3	76899,08	77668,07	Rp 5.394.970.591	Rp 5.448.920.297
	Pekerjaan Pemadatan Timbunan Tanah	m^3	76899,08	77668,07	Rp 255.389.160	Rp 168.348.405
	STA 32+450-33+000					
	Pekerjaan Penghamparan Timbunan Tanah	m^3	168640,0	170326,4	Rp 11.831.190.065	Rp 11.949.501.965
	Pekerjaan Pemadatan Timbunan Tanah	m^3	168640,0	170326,4	Rp 481.044.395	Rp 354.867.250
	STA 33+000-33+225					
	Pekerjaan Galian Tanah	m^3	14181,99	14323,81	Rp 441.793.710	Rp 441.793.710
	STA 33+225-33+400					
	Pekerjaan Penghamparan Timbunan Tanah	m^3	7274,96	7347,71	Rp 517.409.307	Rp 522.583.400
	Pekerjaan Pemadatan Timbunan Tanah		7274,96	7347,71	Rp 30.538.888	Rp 25.193.603
	STA 33+400-33+525					
	Pekerjaan Penghamparan Timbunan Tanah	m^3	51093,45	51604,38	Rp 3.633.865.556	Rp 3.670.204.211
	Pekerjaan Pemadatan Timbunan Tanah	m^3	51093,45	51604,38	Rp 171.520.021	Rp 133.549.446
	STA 33+525-33+850					
	Pekerjaan Galian Tanah	m^3	14417,25	14561,42	Rp 452.566.620	Rp 452.566.620
	STA 33+850-34+050					
	Pekerjaan Galian Tanah	m^3	217180,03	219351,83	Rp 5.993.412.020	Rp 6.200.081.400
	STA 34+050-34+225					
	Pekerjaan Penghamparan Timbunan Tanah	m^3	70367,57	71071,25	Rp 5.004.678.464	Rp 5.054.725.249
	Pekerjaan Pemadatan Timbunan Tanah	m^3	70367,57	71071,25	Rp 236.222.981	Rp 183.928.664
	STA 34+225-35+100					
	Pekerjaan Galian Tanah	m^3	210719,10	212826,29	Rp 5.776.202.020	Rp 5.776.202.020
	STA 35+100-35+725					
	Pekerjaan Galian Tanah	m^3	413764,59	417902,24	Rp 11.717.999.000	Rp 11.891.312.490
	STA 35+725-36+125					
	Pekerjaan Penghamparan Timbunan Tanah	m^3	43020,95	43451,16	Rp 3.059.733.368	Rp 3.090.330.702
	Pekerjaan Pemadatan Timbunan Tanah	m^3	43020,95	43451,16	Rp 144.420.734	Rp 112.449.316
	STA 36+125-36+300					
	Pekerjaan Penghamparan Timbunan Tanah	m^3	109610,87	110706,98	Rp 7.689.915.007	Rp 7.766.814.157
	Pekerjaan Pemadatan Timbunan Tanah	m^3	109610,87	110706,98	Rp 321.880.601	Rp 239.961.443
	STA 43+000-43+650					
	Pekerjaan Penghamparan Timbunan CBM	m^3	206624,06	206006,04	Rp 14.496.020.534	Rp 14.477.906.341
	Pekerjaan Pemadatan Timbunan CBM	m^3	206624,06	206006,04	Rp 589.393.746	Rp 417.656.590
	STA 43+650-43+900					
	Pekerjaan Penghamparan Timbunan CBM	m^3	28807,24	28721,07	Rp 1.935.313.214	Rp 1.929.524.640
	Pekerjaan Pemadatan Timbunan CBM	m^3	28807,24	28721,07	Rp 96.705.507	Rp 74.328.638
	STA 43+900-44+075					
	Pekerjaan Penghamparan Timbunan CBM	m^3	8368,55	8343,52	Rp 562.211.545	Rp 560.529.955
	Pekerjaan Pemadatan Timbunan CBM	m^3	8368,55	8343,52	Rp 35.129.561	Rp 28.607.998
	STA 44+075-44+500					
	Pekerjaan Penghamparan Timbunan CBM	m^3	136638,17	136229,48	Rp 9.586.055.496	Rp 9.557.383.346
	Pekerjaan Pemadatan Timbunan CBM	m^3	136638,17	136229,48	Rp 389.759.461	Rp 283.827.925
	Capping Layer STA 32+000 - 33+500 (1.500 M)					
	Penghamparan	m^3	8203,72	8203,72	Rp 1.110.651.895	Rp 1.110.651.895
	Pemadatan	m^3	8203,72	8203,72	Rp 241.531.940	Rp 241.531.940
	Capping Layer STA 33+500 - 36+300 (2.800 M)					
	Penghamparan	m^3	15313,61	15313,61	Rp 1.805.263.510	Rp 1.805.263.510
	Pemadatan	m^3	15313,61	15313,61	Rp 503.360.640	Rp 503.360.640
	Capping Layer STA 43+000 - 43+475 (475 M)					
	Penghamparan	m^3	2273,80	2273,80	Rp 292.928.513	Rp 292.928.513
	Pemadatan	m^3	2273,80	2273,80	Rp 74.317.520	Rp 74.317.520
	Capping Layer STA 43+475 - 44+300 (825 M)					
	Penghamparan	m^3	3949,23	3949,23	Rp 484.243.208	Rp 484.243.208

NO	ITEM PEKERJAAN	SATUAN	VOLUME KONVEN	VOLUME BIM	HARGA PEKERJAAN KONVEN	HARGA PEKERJAAN BIM
	Pemadatan	m^3	3949,23	3949,23	Rp 120.765.970	Rp 120.765.970
	Capping Layer STA 44+300 - 44+500 (200 M)					
	Penghamparan	m^3	957,39	957,39	Rp 119.564.880	Rp 119.564.880
	Pemadatan	m^3	957,39	957,39	Rp 27.869.070	Rp 27.869.070
	Drainage Layer STA 32+000 - 33+500 (1.500 M)					
	Penghamparan	m^3	6772,50	6516,00	Rp 1.535.927.280	Rp 1.492.589.590
	Pemadatan	m^3	6772,50	6516,00	Rp 176.504.110	Rp 167.214.420
	Drainage Layer STA 33+500 - 36+300 (2.800 M)					
	Penghamparan	m^3	12642,00	12642,00	Rp 2.806.391.490	Rp 2.806.391.490
	Pemadatan	m^3	12642,00	12642,00	Rp 325.139.150	Rp 325.139.150
	Drainage Layer 3 STA 43+000 - 43+475 (475 M)					
	Penghamparan	m^3	2144,63	2144,63	Rp 495.044.510	Rp 495.044.510
	Pemadatan	m^3	2144,63	2144,63	Rp 55.738.140	Rp 55.738.140
	Drainage Layer STA 43+475 - 44+300 (825 M)					
	Penghamparan	m^3	3724,88	3724,88	Rp 862.095.080	Rp 862.095.080
	Pemadatan	m^3	3724,88	3724,88	Rp 102.186.590	Rp 102.186.590
	Drainage Layer STA 44+300 - 44+500 (200 M)					
	Penghamparan	m^3	903,00	903,00	Rp 237.105.380	Rp 237.105.380
	Pemadatan	m^3	903,00	903,00	Rp 27.869.070	Rp 27.869.070
	Lean Concrete STA 32+000 - 33+500 (1.500 M)					
	Pengecoran LC Badan Jalan	m^3	3570,00	3600,00	Rp 2.954.552.730	Rp 2.954.552.730
	Lean Concrete STA 33+500 - 36+300 (2.800 M)					
	Pengecoran LC Badan Jalan	m^3	6664,00	6694,00	Rp 5.465.176.520	Rp 5.488.660.520
	Lean Concrete STA 43+000 - 43+475 (475 M)					
	Pengecoran LC Badan Jalan	m^3	1130,50	1160,50	Rp 939.630.910	Rp 906.424.910
	Lean Concrete STA 43+475 - 44+300 (825 M)					
	Pengecoran LC Badan Jalan	m^3	1963,50	1993,50	Rp 1.626.344.850	Rp 1.605.647.784
	Lean Concrete STA 44+300 - 44+500 (200 M)					
	Pengecoran LC Badan Jalan	m^3	476,00	506,00	Rp 460.088.890	Rp 378.036.910
	Rigid Pavement STA 32+000 - 33+500 (1.500 M)					
	Pengecoran Rigid Pavement Badan Jalan	m^3	10530,00	10530,00	Rp 11.368.453.800	Rp 11.368.453.800
	Rigid Pavement STA 33+500 - 36+300 (2.800 M)					
	Pengecoran Rigid Pavement Badan Jalan	m^3	19656,00	19656,00	Rp 20.775.282.840	Rp 20.769.990.840
	Rigid Pavement STA 43+000 - 43+475 (475 M)					
	Pengecoran Rigid Pavement Badan Jalan	m^3		3334,50	Rp 3.638.839.830	Rp 3.638.839.830
	Rigid Pavement STA 43+475 - 44+300 (825 M)					
	Pengecoran Rigid Pavement Badan Jalan	m^3	5791,50	5791,50	Rp 6.142.611.090	Rp 6.142.611.090
	Rigid Pavement STA 44+300 - 44+500 (200 M)					
	Pengecoran Rigid Pavement Badan Jalan	m^3	1404,00	1404,00	Rp 1.508.532.570	Rp 1.508.532.570
3	**PEKERJAAN BOX CULVERT**					
	STA 32+055					
	Pengecoran LC Badan Box	m^3	7,14	7,21	Rp 13.826.928	Rp 13.880.158
	Pembesian Badan Box	kg	10127,64	10404,05	Rp 118.104.692	Rp 121.270.466
	Pemasangan Bekisting	m^2	249,97	249,97	Rp 12.666.616	Rp 12.652.086
	Pengecoran Badan Box	m^3	75,18	75,62	Rp 86.860.781	Rp 87.249.556
	Pembongkaran Bekisting Badan Box	m^2	249,97	249,97	Rp 1.196.990	Rp 1.196.990
	Pengecoran LC Wing Wall	m^3	6,41	6,40	Rp 13.252.071	Rp 13.246.090
	Pembesian Wing Wall	kg	2275,52	2275,52	Rp 28.172.379	Rp 28.172.379
	Pemasangan Bekisting Wing Wall	kg	172,32	172,32	Rp 5.691.376	Rp 5.691.376
	Pengecoran Wing Wall Box C2	m^3	49,47	49,48	Rp 58.042.429	Rp 58.050.384
	Pembongkaran Bekisting Wing Wall	m^2	172,32	172,32	Rp 1.196.990	Rp 1.196.990
	STA 32+175					
	Pengecoran LC Badan Box	m^3	7,46	7,53	Rp 8.585.078	Rp 8.639.874
	Pembesian Badan Box	kg	10578,58	10819,72	Rp 123.269.383	Rp 126.031.238
	Pemasangan Bekisting	m^2	261,10	261,10	Rp 8.514.927	Rp 8.504.911
	Pengecoran Badan Box C2	m^3	78,48	78,95	Rp 90.016.853	Rp 90.425.628
	Pembongkaran Bekisting Badan Box	m^2	261,10	261,10	Rp 1.196.990	Rp 1.196.990
	Pengecoran LC Wing Wall	m^3	6,41	6,40	Rp 7.761.291	Rp 7.755.310
	Pembesian Wing Wall	kg	2275,52	2275,52	Rp 28.172.379	Rp 28.172.379
	Pemasangan Bekisting Wing Wall	kg	172,32	172,32	Rp 5.691.376	Rp 5.691.376

NO	ITEM PEKERJAAN	SATUAN	VOLUME KONVEN	VOLUME BIM	HARGA PEKERJAAN KONVEN	HARGA PEKERJAAN BIM
	Pengecoran Wing Wall Box C2	m^3	49,47	49,48	Rp 58.042.429	Rp 58.050.384
	Pembongkaran Bekisting Wing Wall	m^2	172,32	172,32	Rp 1.237.592	Rp 1.237.592
	STA 32+334					
	Pengecoran LC Badan Box	m^3	9,88	9,98	Rp 10.480.237	Rp 10.557.734
	Pembesian Badan Box	kg	14011,65	13981,12	Rp 158.030.991	Rp 162.239.543
	Pemasangan Bekisting	m^2	345,84	345,84	Rp 16.993.985	Rp 16.973.884
	Pengecoran Badan Box C2	m^3	103,66	104,34	Rp 112.103.345	Rp 112.697.736
	Pembongkaran Bekisting Badan Box	m^2	345,84	345,84	Rp 588.000	Rp 588.000
	Pengecoran LC Wing Wall	m^3	6,41	6,40	Rp 7.761.291	Rp 7.755.310
	Pembesian Wing Wall	kg	2275,52	2275,52	Rp 28.172.379	Rp 28.172.379
	Pemasangan Bekisting Wing Wall	kg	172,32	172,32	Rp 5.691.376	Rp 5.691.376
	Pengecoran Wing Wall Box C2	m^3	49,47	49,48	Rp 58.042.429	Rp 58.050.384
	Pembongkaran Bekisting Wing Wall	m^2	172,32	172,32	Rp 1.237.592	Rp 1.237.592
	STA 32+427					
	Pengecoran LC Badan Box	m^3	9,53	9,63	Rp 10.202.030	Rp 10.283.754
	Pembesian Badan Box	kg	13523,00	13658,73	Rp 152.612.767	Rp 158.547.129
	Pemasangan Bekisting	m^2	333,77	333,77	Rp 16.900.974	Rp 16.881.574
	Pengecoran Badan Box C2	m^3	101,32	100,73	Rp 110.048.592	Rp 109.531.044
	Pembongkaran Bekisting Badan Box	m^2	333,77	333,77	Rp 588.000	Rp 588.000
	Pengecoran LC Wing Wall	m^3	6,41	6,40	Rp 7.761.291	Rp 7.755.310
	Pembesian Wing Wall	kg	2275,52	2275,52	Rp 28.172.379	Rp 28.172.379
	Pemasangan Bekisting Wing Wall	kg	172,32	172,32	Rp 5.691.376	Rp 5.691.376
	Pengecoran Wing Wall Box C2	m^3	49,47	49,48	Rp 58.042.429	Rp 58.050.384
	Pembongkaran Bekisting Wing Wall	m^2	172,32	172,32	Rp 1.237.592	Rp 1.237.592
	STA 32+650					
	Pengecoran LC Badan Box	m^3	7,40	7,47	Rp 8.538.110	Rp 8.592.906
	Pembesian Badan Box	kg	10493,50	10097,52	Rp 122.294.913	Rp 117.759.701
	Pemasangan Bekisting	m^2	259,00	259,00	Rp 12.751.050	Rp 12.735.996
	Pengecoran Badan Box C2	m^3	77,86	78,32	Rp 89.469.480	Rp 89.872.992
	Pembongkaran Bekisting Badan Box	m^2	259,00	259,00	Rp 294.000	Rp 294.000
	STA 33+050					
	Pengecoran LC Badan Box	kg	8,58	8,68	Rp 9.461.814	Rp 9.540.094
	Pembesian Badan Box	kg	12181,81	11652,40	Rp 141.631.646	Rp 135.568.130
	Pemasangan Bekisting	m^3	300,67	300,67	Rp 16.625.685	Rp 16.608.209
	Pengecoran Badan Box C2	m^2	91,28	90,81	Rp 101.241.504	Rp 100.829.220
	Pembongkaran Bekisting Badan Box	m^2	300,67	300,67	Rp 294.000	Rp 294.000
	STA 33+270					
	Pengecoran LC Badan Box	m^3	68,31	68,15	Rp 64.451.966	Rp 64.327.658
	Pembesian Badan Box	kg	16700,26	16610,27	Rp 193.382.499	Rp 192.351.855
	Pemasangan Bekisting	m^2	2295,73	2295,73	Rp 115.029.053	Rp 114.878.334
	Pengecoran Badan Box C2	m^3	1717,00	1691,00	Rp 1.590.833.485	Rp 1.568.026.285
	Pembongkaran Bekisting Badan Box	m^2	2295,73	2295,73	Rp 2.058.000	Rp 2.058.000
	Pengecoran LC Wing Wall	m^3	6,41	6,41	Rp 7.761.291	Rp 7.761.291
	Pembesian Wing Wall	kg	2275,52	2275,52	Rp 28.172.379	Rp 28.172.379
	Pemasangan Bekisting Wing Wall	kg	172,32	172,32	Rp 5.691.376	Rp 5.691.376
	Pengecoran Wing Wall Box C2	m^3	12,37	11,48	Rp 26.133.795	Rp 25.372.104
	Pembongkaran Bekisting Wing Wall	m^2	172,32	172,32	Rp 1.196.990	Rp 1.196.990
	STA 33+415					
	Pengecoran LC Badan Box	m^3	11,99	12,11	Rp 12.131.162	Rp 12.225.098
	Pembesian Badan Box	kg	17002,30	16734,41	Rp 196.841.868	Rp 193.773.661
	Pemasangan Bekisting	m^2	419,65	419,65	Rp 24.646.936	Rp 21.100.584
	Pengecoran Badan Box C2	m^3	125,60	126,46	Rp 131.343.499	Rp 132.101.400
	Pembongkaran Bekisting Badan Box	m^2	419,65	419,65	Rp 588.000	Rp 588.000
	Pengecoran LC Wing Wall	m^3	6,41	6,40	Rp 7.761.291	Rp 7.755.310
	Pembesian Wing Wall	kg	2275,52	2275,52	Rp 28.172.379	Rp 28.172.379
	Pemasangan Bekisting Wing Wall	kg	172,32	172,32	Rp 5.691.376	Rp 5.691.376
	Pengecoran Wing Wall Box C2	m^3	49,47	49,48	Rp 58.042.429	Rp 58.050.384
	Pembongkaran Bekisting Wing Wall	m^2	172,32	172,32	Rp 1.196.990	Rp 1.196.990
	STA 34+950					
	Pengecoran LC Badan Box	m^3	21,27	21,48	Rp 22.139.370	Rp 22.305.324

NO	ITEM PEKERJAAN	SATUAN	VOLUME KONVEN	VOLUME BIM	HARGA PEKERJAAN KONVEN		HARGA PEKERJAAN BIM	
	Pembesian Badan Box	kg	30158,87	30159,08	Rp	349.637.692	Rp	349.640.043
	Pemasangan Bekisting	m^2	744,38	744,38	Rp	30.811.160	Rp	41.285.753
	Pengecoran Badan Box C2	m^3	222,09	223,75	Rp	215.985.580	Rp	217.444.188
	Pembongkaran Bekisting Badan Box	m^2	744,38	744,38	Rp	882.000	Rp	882.000
	Pengecoran LC Wing Wall	m^3	6,41	6,40	Rp	7.761.291	Rp	7.755.310
	Pembesian Wing Wall	kg	2275,52	2275,52	Rp	28.172.379	Rp	28.172.379
	Pemasangan Bekisting Wing Wall	kg	172,32	172,32	Rp	5.691.376	Rp	5.691.376
	Pengecoran Wing Wall Box C2	m^3	49,47	49,48	Rp	58.042.429	Rp	58.050.384
	Pembongkaran Bekisting Wing Wall	m^2	172,32	172,32	Rp	1.196.990	Rp	1.196.990
	STA 35+120							
	Pengecoran LC Badan Box	m^3	7,57	7,65	Rp	8.672.752	Rp	8.733.810
	Pembesian Badan Box	kg	10737,40	10968,44	Rp	121.726.059	Rp	124.287.843
	Pemasangan Bekisting	m^2	265,02	265,02	Rp	14.513.535	Rp	13.913.587
	Pengecoran Badan Box C2	m^3	79,65	80,13	Rp	91.332.615	Rp	91.754.724
	Pembongkaran Bekisting Badan Box	m^2	265,02	265,02	Rp	294.000	Rp	294.000
	Pengecoran LC Wing Wall	m^3	6,41	6,40	Rp	7.761.291	Rp	7.755.310
	Pembesian Wing Wall	kg	2275,52	2275,52	Rp	26.703.661	Rp	26.703.661
	Pemasangan Bekisting Wing Wall	kg	172,32	172,32	Rp	5.691.376	Rp	5.691.376
	Pengecoran Wing Wall Box C2	m^3	49,47	49,48	Rp	58.042.429	Rp	58.050.384
	Pembongkaran Bekisting Wing Wall	m^2	172,32	172,32	Rp	1.196.990	Rp	1.196.990
	STA 43+160							
	Pengecoran LC Badan Box	m^3	6,96	7,03	Rp	8.192.112	Rp	8.248.474
	Pembesian Badan Box	kg	9866,72	10169,74	Rp	115.116.317	Rp	118.586.855
	Pemasangan Bekisting	m^2	243,53	243,53	Rp	14.324.210	Rp	13.722.055
	Pengecoran Badan Box C2	m^3	73,26	73,69	Rp	85.731.167	Rp	86.105.556
	Pembongkaran Bekisting Badan Box	m^2	243,53	243,53	Rp	294.000	Rp	294.000
	Pengecoran LC Wing Wall	m^3	6,41	6,40	Rp	7.761.291	Rp	7.755.310
	Pembesian Wing Wall	kg	2275,52	2275,52	Rp	28.172.379	Rp	28.172.379
	Pemasangan Bekisting Wing Wall	kg	172,32	172,32	Rp	5.691.376	Rp	5.691.376
	Pengecoran Wing Wall Box C2	m^3	49,47	49,48	Rp	57.521.933	Rp	57.529.888
	Pembongkaran Bekisting Wing Wall	m^2	172,32	172,32	Rp	1.196.990	Rp	1.196.990
	STA 43+220							
	Pengecoran LC Badan Box	m^3	7,48	7,55	Rp	8.600.734	Rp	8.655.530
	Pembesian Badan Box	kg	10606,94	10855,49	Rp	123.594.206	Rp	126.440.921
	Pemasangan Bekisting	m^2	261,80	261,80	Rp	14.475.593	Rp	13.872.376
	Pengecoran Badan Box C2	m^3	78,69	79,16	Rp	90.493.310	Rp	90.903.840
	Pembongkaran Bekisting Badan Box	m^2	261,80	261,80	Rp	294.000	Rp	294.000
	Pengecoran LC Wing Wall	m^3	6,41	6,40	Rp	7.761.291	Rp	7.755.310
	Pembesian Wing Wall	kg	2275,52	2275,52	Rp	28.172.379	Rp	28.172.379
	Pemasangan Bekisting Wing Wall	kg	172,32	172,32	Rp	5.691.376	Rp	5.691.376
	Pengecoran Wing Wall Box C2	m^3	49,47	49,48	Rp	57.521.933	Rp	57.529.888
	Pembongkaran Bekisting Wing Wall	m^2	172,32	172,32	Rp	1.196.990	Rp	1.196.990
	STA 43+375							
	Pengecoran LC Badan Box	m^3	10,33	10,44	Rp	10.834.845	Rp	10.917.822
	Pembesian Badan Box	kg	14654,03	14567,10	Rp	169.946.496	Rp	168.950.918
	Pemasangan Bekisting	m^2	361,69	361,69	Rp	15.320.370	Rp	20.558.277
	Pengecoran Badan Box C2	m^3	108,37	109,09	Rp	116.530.010	Rp	117.158.436
	Pembongkaran Bekisting Badan Box	m^2	361,69	361,69	Rp	588.000	Rp	588.000
	Pengecoran LC Wing Wall	m^3	6,41	6,40	Rp	7.761.291	Rp	7.755.310
	Pembesian Wing Wall	kg	2275,52	2275,52	Rp	28.172.379	Rp	28.172.379
	Pemasangan Bekisting Wing Wall	kg	172,32	172,32	Rp	5.691.376	Rp	5.691.376
	Pengecoran Wing Wall Box C2	m^3	49,47	49,48	Rp	57.521.933	Rp	57.529.888
	Pembongkaran Bekisting Wing Wall	m^2	172,32	172,32	Rp	1.196.990	Rp	1.196.990
	STA 43+590							
	Pengecoran LC Badan Box	m^3	10,04	10,04	Rp	10.607.833	Rp	10.604.702
	Pembesian Badan Box	kg	14242,79	14196,67	Rp	165.236.558	Rp	164.708.291
	Pemasangan Bekisting	m^2	351,54	351,54	Rp	15.237.948	Rp	20.476.445
	Pengecoran Badan Box C2	m^3	106,72	106,93	Rp	115.079.472	Rp	115.263.684
	Pembongkaran Bekisting Badan Box	m^2	351,54	351,54	Rp	588.000	Rp	588.000
	Pengecoran LC Wing Wall	m^3	6,41	6,41	Rp	7.761.291	Rp	7.763.138

NO	ITEM PEKERJAAN	SATUAN	VOLUME KONVEN	VOLUME BIM	HARGA PEKERJAAN KONVEN		HARGA PEKERJAAN BIM	
	Pembesian Wing Wall	kg	2275,52	2275,52	Rp	28.172.379	Rp	28.172.379
	Pemasangan Bekisting Wing Wall	kg	172,32	172,32	Rp	5.691.376	Rp	5.691.376
	Pengecoran Wing Wall Box C2	m^3	49,47	49,47	Rp	57.521.933	Rp	57.521.288
	Pembongkaran Bekisting Wing Wall	m^2	172,32	172,32	Rp	1.196.990	Rp	1.196.990
	STA 43+690							
	Pengecoran LC Badan Box	m^3	7,65	7,73	Rp	8.733.810	Rp	8.796.434
	Pembesian Badan Box	kg	10848,01	11074,37	Rp	126.355.205	Rp	128.947.808
	Pemasangan Bekisting	m^2	267,75	267,75	Rp	14.533.950	Rp	13.930.387
	Pengecoran Badan Box C2	m^3	80,46	80,94	Rp	92.044.200	Rp	92.465.256
	Pembongkaran Bekisting Badan Box	m^2	267,75	267,75	Rp	294.000	Rp	294.000
	Pengecoran LC Wing Wall	m^3	6,41	6,41	Rp	7.761.291	Rp	7.763.138
	Pembesian Wing Wall	kg	2275,52	2275,52	Rp	28.172.379	Rp	28.172.379
	Pemasangan Bekisting Wing Wall	kg	172,32	172,32	Rp	5.691.376	Rp	5.691.376
	Pengecoran Wing Wall Box C2	m^3	49,47	49,47	Rp	57.521.933	Rp	57.521.288
	Pembongkaran Bekisting Wing Wall	m^2	172,32	172,32	Rp	1.196.990	Rp	1.196.990
	STA 43+810							
	Pengecoran LC Badan Box	m^3	6,90	6,97	Rp	8.147.649	Rp	8.201.506
	Pembesian Badan Box	kg	9786,18	10076,20	Rp	114.193.819	Rp	117.515.518
	Pemasangan Bekisting	m^2	241,54	241,54	Rp	14.315.695	Rp	13.713.655
	Pengecoran Badan Box C2	m^3	72,67	73,09	Rp	85.212.987	Rp	85.579.236
	Pembongkaran Bekisting Badan Box	m^2	241,54	241,54	Rp	294.000	Rp	294.000
	Pengecoran LC Wing Wall	m^3	6,41	6,41	Rp	7.761.291	Rp	7.763.138
	Pembesian Wing Wall	kg	2275,52	10076,20	Rp	28.172.379	Rp	117.515.518
	Pemasangan Bekisting Wing Wall	kg	172,32	172,32	Rp	5.691.376	Rp	5.691.376
	Pengecoran Wing Wall Box C2	m^3	49,47	49,47	Rp	57.521.933	Rp	57.521.288
	Pembongkaran Bekisting Wing Wall	m^2	172,32	172,32	Rp	1.196.990	Rp	1.196.990
	STA 43+910							
	Pengecoran LC Badan Box	m^3	7,27	7,34	Rp	8.434.780	Rp	8.491.142
	Pembesian Badan Box	kg	10306,31	10116,70	Rp	120.151.079	Rp	117.979.374
	Pemasangan Bekisting	m^2	254,38	254,38	Rp	14.420.607	Rp	13.817.821
	Pengecoran Badan Box C2	m^3	76,49	76,95	Rp	88.559.260	Rp	88.965.228
	Pembongkaran Bekisting Badan Box	m^2	254,38	254,38	Rp	294.000	Rp	294.000
	Pengecoran LC Wing Wall	m^3	6,41	6,41	Rp	7.761.291	Rp	7.763.138
	Pembesian Wing Wall	kg	2275,52	2275,52	Rp	28.172.379	Rp	28.172.379
	Pemasangan Bekisting Wing Wall	kg	172,32	172,32	Rp	5.691.376	Rp	5.691.376
	Pengecoran Wing Wall Box C2	m^3	49,47	49,47	Rp	57.521.933	Rp	57.521.288
	Pembongkaran Bekisting Wing Wall	m^2	172,32	172,32	Rp	1.196.990	Rp	1.196.990
	STA 44+010							
	Pengecoran LC Badan Box	m^3	6,92	6,99	Rp	8.160.800	Rp	8.217.162
	Pembesian Badan Box	kg	9810,00	10116,70	Rp	114.466.671	Rp	117.979.374
	Pemasangan Bekisting	m^2	242,13	242,13	Rp	14.331.041	Rp	13.728.967
	Pengecoran Badan Box C2	m^3	83,41	83,92	Rp	94.635.098	Rp	95.079.312
	Pembongkaran Bekisting Badan Box	m^2	242,13	242,13	Rp	294.000	Rp	294.000
	Pengecoran LC Wing Wall	m^3	6,41	6,41	Rp	7.761.291	Rp	7.763.138
	Pembesian Wing Wall	kg	2275,52	2275,52	Rp	28.172.379	Rp	28.172.379
	Pemasangan Bekisting Wing Wall	kg	172,32	172,32	Rp	5.691.376	Rp	5.691.376
	Pengecoran Wing Wall Box C2	m^3	49,47	49,47	Rp	57.521.933	Rp	57.521.288
	Pembongkaran Bekisting Wing Wall	m^2	172,32	172,32	Rp	1.196.990	Rp	1.196.990
	STA 44+160							
	Pengecoran LC Badan Box	m^3	7,93	8,01	Rp	8.956.125	Rp	9.015.618
	Pembesian Badan Box	kg	11250,73	11442,00	Rp	130.967.696	Rp	133.158.367
	Pemasangan Bekisting	m^2	277,69	277,69	Rp	14.618.438	Rp	19.861.227
	Pengecoran Badan Box C2	m^3	83,41	83,92	Rp	94.635.098	Rp	95.079.312
	Pembongkaran Bekisting Badan Box	m^2	277,69	277,69	Rp	294.000	Rp	294.000
	Pengecoran LC Wing Wall	m^3	6,41	6,41	Rp	7.761.291	Rp	7.763.138
	Pembesian Wing Wall	kg	11250,73	2275,52	Rp	28.172.379	Rp	28.172.379
	Pemasangan Bekisting Wing Wall	kg	172,32	172,32	Rp	5.691.376	Rp	5.691.376
	Pengecoran Wing Wall Box C2	m^3	49,47	49,47	Rp	57.521.933	Rp	57.521.288
	Pembongkaran Bekisting Wing Wall	m^2	172,32	172,32	Rp	1.196.990	Rp	1.196.990
	STA 44+210							

NO	ITEM PEKERJAAN	SATUAN	VOLUME KONVEN	VOLUME BIM	HARGA PEKERJAAN KONVEN	HARGA PEKERJAAN BIM
	Pengecoran LC Badan Box	m^3	8,87	8,96	Rp 9.687.260	Rp 9.759.278
	Pembesian Badan Box	kg	12575,18	12770,79	Rp 146.136.946	Rp 148.377.331
	Pemasangan Bekisting	m^2	310,38	310,38	Rp 14.893.702	Rp 20.134.592
	Pengecoran Badan Box C2	m^3	93,13	93,72	Rp 103.155.868	Rp 103.675.872
	Pembongkaran Bekisting Badan Box	m^2	310,38	310,38	Rp 294.000	Rp 294.000
	Pengecoran LC Wing Wall	m^3	6,41	6,41	Rp 7.761.291	Rp 7.763.138
	Pembesian Wing Wall	kg	2275,52	2275,52	Rp 28.172.379	Rp 28.172.379
	Pemasangan Bekisting Wing Wall	kg	172,32	172,32	Rp 5.691.376	Rp 5.691.376
	Pengecoran Wing Wall Box C2	m^3	49,47	49,47	Rp 57.521.933	Rp 57.521.288
	Pembongkaran Bekisting Wing Wall	m^2	172,32	172,32	Rp 1.196.990	Rp 1.196.990
	STA 44+277					
	Pengecoran LC Badan Box	m^3	8,45	8,54	Rp 9.363.181	Rp 9.430.502
	Pembesian Badan Box	kg	11988,11	11461,43	Rp 139.413.103	Rp 133.380.903
	Pemasangan Bekisting	m^2	295,89	295,89	Rp 14.769.817	Rp 20.011.548
	Pengecoran Badan Box C2	m^3	88,82	89,38	Rp 99.378.996	Rp 99.868.824
	Pembongkaran Bekisting Badan Box	m^2	295,89	295,89	Rp 294.000	Rp 294.000
	STA 44+293					
	Pengecoran LC Badan Box	kg	19,89	20,08	Rp 21.056.758	Rp 21.209.404
	Fabrikasi Pembesian Badan Box	kg	11279,09	10821,06	Rp 131.292.519	Rp 126.046.585
	Pemasangan Bekisting	m^3	278,39	278,39	Rp 14.801.646	Rp 20.044.395
	Pengecoran Badan Box C2	m^2	346,10	345,01	Rp 325.066.766	Rp 324.107.460
	Pembongkaran Bekisting Badan Box	m^2	278,39	278,39	Rp 294.000	Rp 294.000
4	**PEKERJAAN BOX UNDERPASS**					
	STA 32+013					
	Pengecoran LC Badan Box	m^3	12,31	12,34	Rp 12.385.102	Rp 12.405.142
	Pembesian Badan Box	kg	15530,48	14254,83	Rp 179.984.750	Rp 165.374.412
	Pemasangan Bekisting	m^2	527,78	527,78	Rp 22.996.755	Rp 22.996.755
	Pengecoran Badan Box C2	m^3	168,67	172,48	Rp 168.875.987	Rp 172.215.148
	Pembongkaran Bekisting Badan Box	m^2	527,78	527,78	Rp 588.000	Rp 588.000
	Pengecoran LC Wing Wall	m^3	6,52	6,52	Rp 7.846.060	Rp 7.849.246
	Pembesian Wing Wall	kg	10247,82	10247,82	Rp 119.481.124	Rp 119.481.124
	Pemasangan Bekisting Wing Wall	kg	192,10	192,10	Rp 8.535.336	Rp 8.535.336
	Pengecoran Wing Wall Box C2	m^3	68,99	67,00	Rp 73.964.356	Rp 72.252.096
	Pembongkaran Bekisting Wing Wall	m^2	192,10	192,10	Rp 1.196.990	Rp 1.196.990
	STA 32+267					
	Pengecoran LC Badan Box	m^3	21,75	21,78	Rp 22.519.028	Rp 22.540.164
	Pembesian Badan Box	kg	46877,58	45043,58	Rp 543.231.483	Rp 522.226.223
	Pemasangan Bekisting	m^2	1060,38	1060,38	Rp 55.558.646	Rp 55.500.468
	Pengecoran Badan Box C2	m^3	394,27	388,63	Rp 168.875.987	Rp 172.215.148
	Pembongkaran Bekisting Badan Box	m^2	1060,38	1060,38	Rp 1.176.000	Rp 1.176.000
	Pengecoran LC Wing Wall	m^3	11,82	11,80	Rp 7.846.060	Rp 7.849.246
	Pembesian Wing Wall	kg	18938,63	18938,63	Rp 221.129.424	Rp 221.129.424
	Pemasangan Bekisting Wing Wall	kg	700,10	700,10	Rp 25.599.096	Rp 25.599.096
	Pengecoran Wing Wall Box C2	m^3	160,90	160,90	Rp 153.006.096	Rp 153.006.096
	Pembongkaran Bekisting Wing Wall	m^2	700,10	700,10	Rp 3.590.970	Rp 3.590.970
	STA 32+648					
	Pengecoran LC Badan Box	m^3	21,83	21,03	Rp 22.576.564	Rp 21.953.064
	Pembesian Badan Box	kg	46271,90	45046,36	Rp 536.294.479	Rp 522.258.063
	Pemasangan Bekisting	m^2	1019,54	1019,54	Rp 55.380.307	Rp 55.317.591
	Pengecoran Badan Box C2	m^3	394,39	393,91	Rp 366.769.020	Rp 361.821.928
	Pembongkaran Bekisting Badan Box	m^2	1019,54	1019,54	Rp 1.176.000	Rp 1.176.000
	Pengecoran LC Wing Wall	m^3	8,02	8,03	Rp 12.000.826	Rp 11.982.430
	Pembesian Wing Wall	kg	15374,35	15374,35	Rp 178.196.554	Rp 178.196.554
	Pemasangan Bekisting Wing Wall	kg	584,66	584,66	Rp 25.599.096	Rp 25.599.096
	Pengecoran Wing Wall Box C2	m^3	126,09	128,84	Rp 123.069.496	Rp 125.434.496
	Pembongkaran Bekisting Wing Wall	m^2	584,66	584,66	Rp 2.393.980	Rp 2.393.980
	STA 33+063					
	Pengecoran LC Badan Box	m^3	44,80	44,36	Rp 43.307.708	Rp 42.961.178
	Pembesian Badan Box	kg	152439,70	143358,64	Rp 1.764.922.514	Rp 1.648.253.184
	Pemasangan Bekisting	m^2	1683,96	1683,96	Rp 96.717.665	Rp 96.619.785

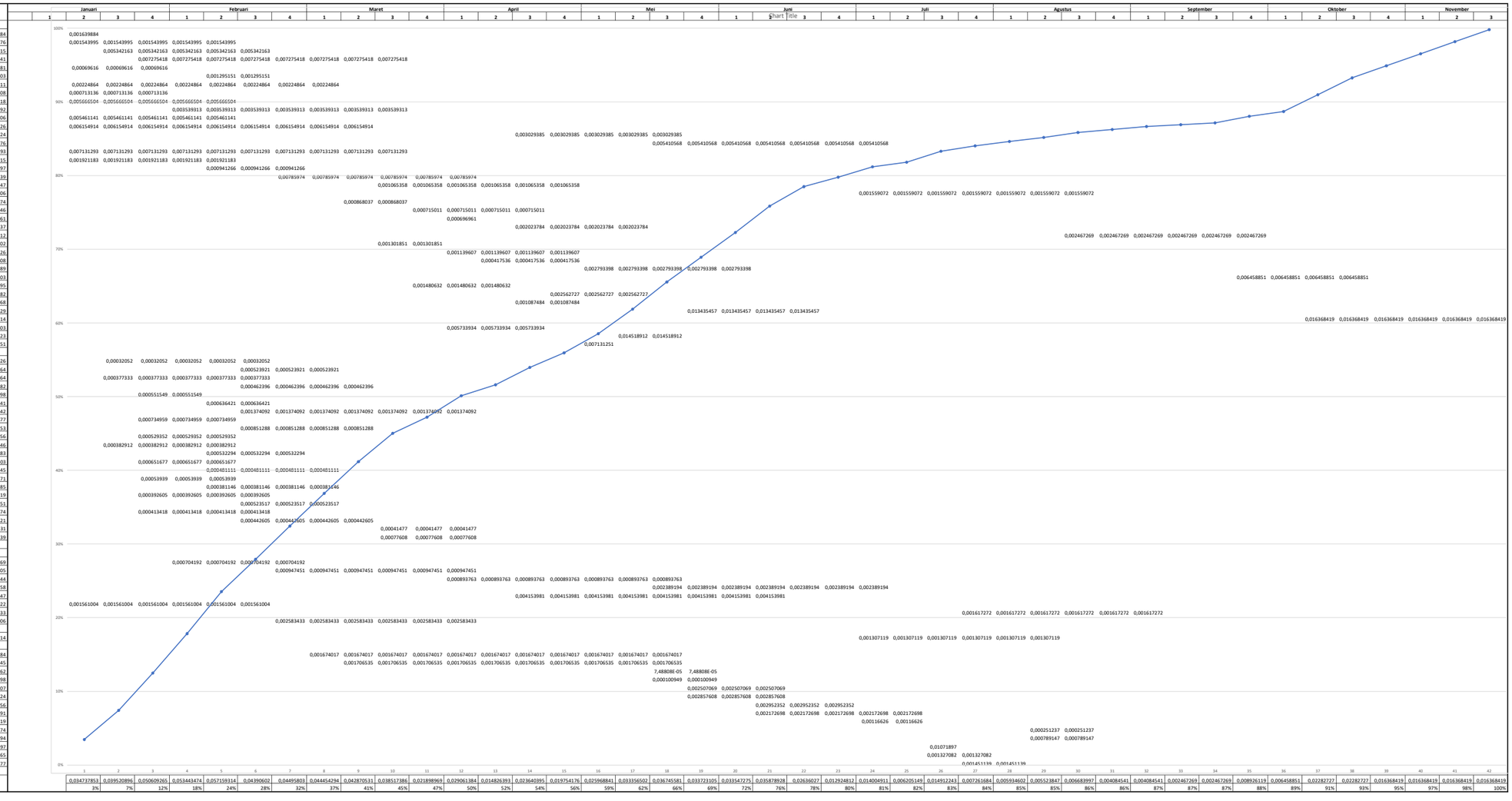
NO	ITEM PEKERJAAN	SATUAN	VOLUME KONVEN	VOLUME BIM	HARGA PEKERJAAN KONVEN	HARGA PEKERJAAN BIM
	Pengecoran Badan Box C2	m^3	1149,83	1147,40	Rp 1.071.377.102	Rp 1.069.246.356
	Pembongkaran Bekisting Badan Box	m^2	1683,96	1683,96	Rp 1.764.000	Rp 1.764.000
	Pengecoran LC Wing Wall	m^3	11,90	13,54	Rp 12.058.581	Rp 13.344.502
	Pembesian Wing Wall	kg	30625,49	30625,49	Rp 354.981.953	Rp 354.981.953
	Pemasangan Bekisting Wing Wall	kg	1028,57	1028,57	Rp 34.130.976	Rp 34.130.976
	Pengecoran Wing Wall Box C2	m^3	245,61	214,69	Rp 153.793.426	Rp 145.257.496
	Pembongkaran Bekisting Wing Wall	m^2	1028,57	1028,57	Rp 4.787.960	Rp 4.787.960
	STA 36+048					
	Pengecoran LC Badan Box	m^3	80,24	80,24	Rp 65.555.070	Rp 66.607.252
	Pembesian Badan Box	kg	393369,64	368935,68	Rp 4.518.022.509	Rp 4.236.063.977
	Pemasangan Bekisting	m^2	3068,18	3068,18	Rp 176.564.924	Rp 176.396.955
	Pengecoran Badan Box C2	m^3	2043,01	2055,33	Rp 1.896.706.832	Rp 1.907.513.936
	Pembongkaran Bekisting Badan Box	m^2	3068,18	3068,18	Rp 2.940.000	Rp 2.352.000
	Pengecoran LC Wing Wall	m^3	12,42	11,10	Rp 12.058.581	Rp 13.344.502
	Pembesian Wing Wall	kg	27226,15	27226,15	Rp 316.048.462	Rp 316.048.462
	Pemasangan Bekisting Wing Wall	kg	599,23	599,23	Rp 25.599.096	Rp 25.599.096
	Pengecoran Wing Wall Box C2	m^3	161,82	151,89	Rp 13.918.100	Rp 13.918.100
	Pembongkaran Bekisting Wing Wall	m^2	599,23	599,23	Rp 2.393.980	Rp 2.393.980
	STA 42+994					
	Pengecoran LC Badan Box	m^3	33,17	33,17	Rp 31.458.213	Rp 33.556.236
	Pembesian Badan Box	kg	75516,27	75099,96	Rp 875.458.119	Rp 870.689.971
	Pemasangan Bekisting	m^2	1581,38	1581,38	Rp 94.164.800	Rp 94.079.794
	Pengecoran Badan Box C2	m^3	608,54	619,34	Rp 575.640.338	Rp 585.116.432
	Pembongkaran Bekisting Badan Box	m^2	1581,38	1581,38	Rp 1.470.000	Rp 1.176.000
	Pengecoran LC Wing Wall	m^3	8,86	8,90	Rp 9.678.250	Rp 9.712.310
	Pembesian Wing Wall	kg	17868,38	17868,38	Rp 208.871.583	Rp 208.871.583
	Pemasangan Bekisting Wing Wall	kg	689,35	689,35	Rp 25.599.096	Rp 25.599.096
	Pengecoran Wing Wall Box C2	m^3	163,61	163,80	Rp 155.340.781	Rp 155.500.096
	Pembongkaran Bekisting Wing Wall	m^2	689,35	689,35	Rp 3.590.970	Rp 3.590.970
	STA 43+472					
	Pengecoran LC Badan Box	m^3	36,52	36,52	Rp 36.821.521	Rp 39.971.491
	Pembesian Badan Box	kg	137525,62	137248,09	Rp 887.647.412	Rp 1.527.146.382
	Pemasangan Bekisting	m^2	1135,29	1135,29	Rp 67.681.158	Rp 67.615.169
	Pengecoran Badan Box C2	m^3	966,76	966,76	Rp 910.791.295	Rp 910.791.295
	Pembongkaran Bekisting Badan Box	m^2	1135,29	1135,29	Rp 1.176.000	Rp 882.000
	Pengecoran LC Wing Wall	m^3	1,22	1,22	Rp 3.703.537	Rp 3.703.537
	Pembesian Wing Wall	kg	5866,23	5866,23	Rp 69.297.679	Rp 69.297.679
	Pemasangan Bekisting Wing Wall	kg	412,91	412,91	Rp 17.067.216	Rp 17.067.216
	Pengecoran Wing Wall Box C2	m^3	48,23	48,23	Rp 56.109.896	Rp 56.109.896
	Pembongkaran Bekisting Wing Wall	m^2	412,91	412,91	Rp 2.393.980	Rp 2.393.980
	STA 44+285					
	Pengecoran LC Badan Box	m^3	38,98	38,58	Rp 38.746.583	Rp 41.586.564
	Pembesian Badan Box	kg	139920,68	134553,75	Rp 1.619.428.768	Rp 1.557.959.977
	Pemasangan Bekisting	m^2	1401,10	1401,10	Rp 81.459.629	Rp 81.385.103
	Pengecoran Badan Box C2	m^3	1063,42	1072,43	Rp 995.582.492	Rp 1.003.482.672
	Pembongkaran Bekisting Badan Box	m^2	1401,10	1401,10	Rp 1.764.000	Rp 1.764.000
	Pengecoran LC Wing Wall	m^3	12,64	14,64	Rp 12.637.978	Rp 14.205.582
	Pembesian Wing Wall	kg	27226,15	27226,15	Rp 316.048.462	Rp 316.048.462
	Pemasangan Bekisting Wing Wall	kg	760,17	760,17	Rp 25.599.096	Rp 25.599.096
	Pengecoran Wing Wall Box C2	m^3	197,07	194,64	Rp 184.112.296	Rp 182.022.496
	Pembongkaran Bekisting Wing Wall	m^2	760,17	760,17	Rp 3.590.970	Rp 3.590.970
5	**PEKERJAAN BOX PEDESTRIAN**					
	STA 34+736					
	Pengecoran LC Badan Box	m^3	6,90	6,97	Rp 8.147.649	Rp 9.251.496
	Pembesian Badan Box	kg	106774,57	106774,57	Rp 1.237.687.804	Rp 1.237.687.804
	Pemasangan Bekisting	m^3	1205,25	1205,25	Rp 68.889.816	Rp 68.819.761
	Pengecoran Badan Box C2	m^2	72,67	73,09	Rp 84.663.991	Rp 85.030.240
	Pembongkaran Bekisting Badan Box	m^3	1205,25	1205,25	Rp 1.886.836	Rp 1.886.836
	Pengecoran LC Wing Wall	kg	6,41	6,41	Rp 7.761.291	Rp 7.763.138
	Pembesian Wing Wall	kg	14951,95	14951,95	Rp 173.358.701	Rp 173.358.701

NO	ITEM PEKERJAAN	SATUAN	VOLUME KONVEN	VOLUME BIM	HARGA PEKERJAAN KONVEN	HARGA PEKERJAAN BIM
	Pemasangan Bekisting Wing Wall	m^3	422,87	422,87	Rp 17.067.216	Rp 17.067.216
	Pengecoran Wing Wall Box C2	m^2	49,47	49,47	Rp 57.176.941	Rp 57.176.296
	Pembongkaran Bekisting Wing Wall	m^2	422,87	422,87	Rp 2.393.980	Rp 2.393.980
6	**PEKERJAAN JEMBATAN**					
	Pekerjaan Pondasi Boredpile					
	A1					
	Pengeboran Titik Borepile dan Pasang Casing	Titik	68,00	68,00	Rp 1.114.833.264	Rp 1.114.833.264
	Fabrikasi Pembesian	kg	128562,84	128562,84	Rp 1.455.625.410	Rp 1.455.625.410
	Pemasangan Pembesian	kg	128562,84	128562,84	Rp 437.588.100	Rp 437.588.100
	Pengecoran	m^3	649,10	629,63	Rp 884.743.662	Rp 856.634.480
	Pembobokan Borepile	m^3	51,27	51,27	Rp 2.514.388	Rp 1.885.791
	A2					
	Pengeboran Titik Borepile	Titik	68,00	68,00	Rp 1.114.833.264	Rp 1.114.833.264
	Fabrikasi Pembesian	kg	120782,28	120782,28	Rp 1.365.592.037	Rp 1.365.592.037
	Pemasangan Pembesian	kg	120782,28	120782,28	Rp 420.375.870	Rp 420.375.870
	Pengecoran	m^3	629,63	1121,32	Rp 707.286.771	Rp 1.257.117.404
	Pembobokan Borepile	m^3	51,27	51,27	Rp 1.885.791	Rp 1.885.791
	Pekerjaan Lantai Kerja					
	A1					
	Pemasangan Bekisting	m^2	10,34	10,34	Rp 815.740	Rp 804.183
	Pengecoran Lean Concrete	m^3	32,28	31,31	Rp 30.759.564	Rp 30.001.500
	Pembongkaran Bekisting	m^2	10,34	10,34	Rp 104.999	Rp 104.999
	A2					
	Pemasangan Bekisting	m^2	10,50	10,50	Rp 1.336.090	Rp 1.336.090
	Pengecoran Lean Concrete	m^3	42,20	40,93	Rp 41.267.982	Rp 40.277.027
	Pembongkaran Bekisting	m^2	10,50	10,50	Rp 104.999	Rp 104.999
	Pekerjaan Pile Cap					
	A1					
	Pembesian Pilecap	kg	79654,37	79654,37	Rp 922.852.813	Rp 922.852.813
	Pemasangan Bekisting	m^2	221,31	221,31	Rp 14.530.208	Rp 14.516.384
	Pengecoran Pilecap	m^3	635,78	616,71	Rp 652.968.232	Rp 634.680.656
	Pembongkaran Bekisting	m^2	221,31	221,31	Rp 671.995	Rp 671.995
	A2					
	Pembesian Pilecap	kg	95531,66	95531,66	Rp 1.106.809.665	Rp 1.106.809.665
	Pemasangan Bekisting	m^2	224,73	224,73	Rp 14.661.536	Rp 14.644.256
	Pengecoran Pilecap	m^3	827,74	802,91	Rp 691.337.240	Rp 671.898.594
	Pembongkaran Bekisting	m^2	224,73	224,73	Rp 671.995	Rp 671.995
	Pekerjaan Abutment					
	A1					
	Pembesian Abutment	kg	68681,14	68681,14	Rp 795.063.387	Rp 795.063.387
	Pemasangan Bekisting	m^2	1119,04	1119,04	Rp 51.530.686	Rp 51.530.686
	Pengecoran	m^3	998,28	968,33	Rp 1.022.224.416	Rp 993.509.890
	Pembongkaran Bekisting	m^2	1119,04	1119,04	Rp 4.787.960	Rp 4.787.960
	A2					
	Pembesian Abutment	kg	75943,28	75943,28	Rp 880.348.772	Rp 880.348.772
	Pemasangan Bekisting	m^2	1205,89	1205,89	Rp 59.774.726	Rp 59.774.726
	Pengecoran	m^3	1392,35	1350,58	Rp 1.348.344.728	Rp 1.308.295.119
	Pembongkaran Bekisting	m^2	1205,89	1205,89	Rp 9.575.920	Rp 9.575.920
	Pekerjaan Wing Wall					
	A1					
	Pembesian Wing Wall	kg	30734,44	30734,44	Rp 356.229.785	Rp 356.229.785
	Pemasangan Bekisting	m^2	451,01	451,01	Rp 15.667.906	Rp 15.667.906
	Pengecoran	m^3	102,02	98,96	Rp 119.125.466	Rp 116.190.963
	Pembongkaran Bekisting	m^2	451,01	451,01	Rp 2.393.980	Rp 2.393.980
	Pekerjaan Plat Injak				Rp -	
	A1					
	Pembesian Plat Injak	kg	18585,30	18585,30	Rp 551.600	Rp 551.600
	Pemasangan Bekisting	m^2	32,38	32,38	Rp 1.946.373	Rp 1.946.373
	Pengecoran	m^3	85,33	82,77	Rp 103.122.423	Rp 100.668.011
	Pembongkaran Bekisting	m^2	32,38	32,38	Rp 671.995	Rp 671.995
	A2					

NO	ITEM PEKERJAAN	SATUAN	VOLUME KONVEN	VOLUME BIM	HARGA PEKERJAAN KONVEN		HARGA PEKERJAAN BIM	
	Pembesian Plat Injak	kg	27233,81	27233,81	Rp	316.136.194	Rp	316.136.194
	Pemasangan Bekisting	m^2	33,23	33,23	Rp	1.946.373	Rp	1.946.373
	Pengecoran	m^3	107,52	104,29	Rp	15.115.090	Rp	15.115.090
	Pembongkaran Bekisting	m^2	33,23	33,23	Rp	671.995	Rp	671.995
	Pekerjaan Girder & Bearing Pad							
	Pemasangan Bearing Pad	bh	24,00	24,00	Rp	139.190.970	Rp	139.190.970
	Pemasangan Girder	bh	12,00	12,00	Rp	2.128.281.392	Rp	2.128.281.392
	Pekerjaan Diafragma							
	Pembesian Diafragma	kg	43066,38	43066,38	Rp	499.580.857	Rp	499.580.857
	Pemasangan Bekisting	m^2	90,96	90,96	Rp	5.705.702	Rp	4.637.788
	Pengecoran	m^3	34,17	33,14	Rp	55.540.886	Rp	57.225.010
	Pembongkaran Bekisting	m^2	90,96	90,96	Rp	629.994	Rp	629.994
	Pekerjaan Slab							
	Pembesian Slab	kg	35028,18	35028,18	Rp	407.517.343	Rp	407.517.343
	Pemasangan Bekisting	m^2	315,84	315,84	Rp	23.834.978	Rp	23.834.978
	Pengecoran	m^3	168,21	163,17	Rp	182.590.356	Rp	178.948.896
7	**Scaffolding**	Set	5285,00	5285,00	Rp	421.610.000	Rp	421.610.000
	RENCANA ANGGARAN PELAKSANAAN				Rp	211.538.275.445	Rp	212.012.431.510

Lampiran 6 Kurva S Metode Konvensional

NO	ITEM PEKERJAAN	Harga Pekerjaan	Bobot
1	**PEKERJAAN PERSIAPAN**		
	Pembersihan Lahan STA 43+475 - 44+300 (825 M)	Rp 346.898.306,43	0,001639884
	Pembersihan Lahan STA 44+300 - 44+500 (200 M)	Rp 1.633.070.376,34	0,007719976
1	Timbunan Tanah STA 32+000-35+450	Rp 5.650.359.750,74	0,026710815
2	Timbunan Tanah STA 32+400-33+000	Rp 12.312.234.459,68	0,058203341
3	Pekerjaan Galian Tanah 33+000-33+325	Rp 441.793.710,00	0,002088481
4	Timbunan Tanah STA 33+225-33+400	Rp 547.948.194,84	0,002590303
5	Timbunan Tanah STA 33+400-33+525	Rp 3.805.385.576,43	0,017989111
6	Pekerjaan Galian Tanah STA 33+525-33+850	Rp 452.566.620,00	0,002139408
7	Pekerjaan Galian Tanah STA 33+850-34+050	Rp 5.993.412.020,00	0,028332518
8	Timbunan Tanah STA 34+050-34+225	Rp 5.240.901.444,83	0,024775192
9	Pekerjaan Galian Tanah STA 34+225-35+100	Rp 5.776.202.020,00	0,027305706
10	Pekerjaan Galian Tanah STA 35+100-35+725	Rp 11.717.999.000,00	0,055394226
11	Timbunan Tanah STA 35+725-36+125	Rp 3.204.154.101,81	0,015146924
12	Timbunan Tanah STA 36+125-36+300	Rp 8.011.795.607,85	0,037873976
13	Pekerjaan Timbunan 43+000-43+650	Rp 15.085.414.279,53	0,07131293
14	Pekerjaan Timbunan STA 43+650-43+900	Rp 2.032.018.721,66	0,009605915
15	Pekerjaan Timbunan STA 43+900-44+075	Rp 597.341.105,81	0,002823797
16	Pekerjaan Timbunan STA 44+075-44+500	Rp 9.975.814.957,17	0,047158439
17	**Capping Layer STA 32+000 - 33+500 (1.500 M)**	Rp 1.352.183.835,05	0,006392147
18	**Capping Layer STA 33+500 - 36+300 (2.800 M)**	Rp 2.308.624.150,00	0,010913506
19	**Capping Layer STA 43+000 - 43+475 (475 M)**	Rp 367.246.032,50	0,001736074
20	**Capping Layer STA 43+475 - 44+300 (825 M)**	Rp 605.009.177,50	0,002860046
21	**Capping Layer STA 44+300 - 44+500 (200 M)**	Rp 147.433.950,00	0,000696961
22	**Drainage Layer STA 32+000 - 33+500 (1.500 M)**	Rp 1.712.431.390,00	0,008095137
23	**Drainage Layer STA 33+500 - 36+300 (2.800 M)**	Rp 3.131.530.640,00	0,014803612
24	**Drainage Layer 2 STA 43+000 - 43+475 (475 M)**	Rp 550.782.650,00	0,002603702
25	**Drainage Layer STA 43+475 - 44+300 (825 M)**	Rp 964.281.670,00	0,004558426
26	**Drainage Layer STA 44+300 - 44+500 (200 M)**	Rp 264.974.450,00	0,001252608
27	**Lean Concrete STA 32+000 - 33+500 (1.500 M)**	Rp 2.954.552.730,00	0,013966989
28	**Lean Concrete STA 33+500 - 36+300 (2.800 M)**	Rp 5.465.176.520,00	0,025835403
29	**Lean Concrete STA 43+000 - 43+475 (475 M)**	Rp 939.630.910,00	0,004441895
30	**Lean Concrete STA 43+475 - 44+300 (825 M)**	Rp 1.626.344.850,00	0,007688182
31	**Lean Concrete STA 44+300 - 44+500 (200 M)**	Rp 460.088.890,00	0,002174968
32	**Rigid Pavement STA 32+000 - 33+500 (1.500 M)**	Rp 11.368.453.800,00	0,053741829
33	**Rigid Pavement STA 33+500 - 36+300 (2.800 M)**	Rp 20.775.282.840,00	0,098210514
34	**Rigid Pavement STA 43+000 - 43+475 (475 M)**	Rp 3.638.839.830,00	0,017201803
35	**Rigid Pavement STA 43+475 - 44+300 (825 M)**	Rp 6.142.611.090,00	0,029037823
36	**Rigid Pavement STA 44+300 - 44+500 (200 M)**	Rp 1.508.532.570,00	0,007131251
	PEKERJAAN BOX CULVERT		
37	**BOX CULVERT STA 32+055**	Rp 339.011.251,17	0,0016026
38	BOX CULVERT STA 32+175	Rp 332.488.297,89	0,001571764
39	BOX CULVERT STA 32+334	Rp 399.101.625,59	0,001886664
40	BOX CULVERT STA 32+427	Rp 391.257.429,42	0,001849582
41	BOX CULVERT STA 32+650	Rp 233.347.553,44	0,001103098
42	BOX CULVERT STA 32+050	Rp 269.254.649,50	0,001272841
43	BOX CULVERT STA 33+270	Rp 2.034.710.835,79	0,009618642
44	BOX CULVERT STA 33+415	Rp 466.415.929,78	0,002204877
45	BOX CULVERT STA 34+950	Rp 720.320.266,75	0,003405153
46	BOX CULVERT STA 35+120	Rp 335.934.707,64	0,001588056
47	BOX CULVERT STA 43+160	Rp 324.001.776,06	0,001531646
48	BOX CULVERT STA 43+220	Rp 337.801.812,95	0,001596883
49	BOX CULVERT STA 43+375	Rp 413.563.690,34	0,00195503
50	BOX CULVERT STA 43+590	Rp 407.093.779,63	0,001924445
51	BOX CULVERT STA 43+690	Rp 342.305.133,72	0,001618171
52	BOX CULVERT STA 43+810	Rp 322.508.119,51	0,001524585
53	BOX CULVERT STA 43+910	Rp 332.203.695,18	0,001570419
54	BOX CULVERT STA 44+010	Rp 332.231.578,90	0,001570551
55	BOX CULVERT STA 44+160	Rp 349.815.325,93	0,001653674
56	BOX CULVERT STA 44+210	Rp 374.511.745,28	0,001770421
57	BOX CULVERT STA 44+277	Rp 263.219.096,02	0,00124431
58	BOX CULVERT STA 44+293	Rp 492.511.689,71	0,002328239
	PEKERJAAN BOX UNDERPASS STA 32+013		
59	BOX UNDERPASS STA 32+013	Rp 595.854.460,56	0,002816769
60	BOX UNDERPASS STA 32+267	Rp 1.202.532.790,43	0,005684705
61	BOX UNDERPASS STA 32+648	Rp 1.323.456.322,28	0,006256344
62	BOX UNDERPASS STA 33+063	Rp 3.537.841.885,05	0,016724358
63	BOX UNDERPASS STA 36+048	Rp 7.029.807.555,22	0,033231847
64	BOX UNDERPASS STA 42+944	Rp 1.981.272.150,41	0,009366022
65	BOX UNDERPASS STA 43+472	Rp 2.052.689.694,38	0,009703633
66	BOX UNDERPASS STA 44+285	Rp 3.278.970.275,27	0,0155006
	PEKERJAAN BOX PEDESTRIAN		
67	BOX UNDERPASS STA 34+736	Rp 1.659.034.226,08	0,007842714
	PEKERJAAN JEMBATAN		
68	Pekerjaan Pondasi Borodpile A1	Rp 3.895.304.823,92	0,018414184
69	Pekerjaan Pondasi Borodpile A2	Rp 3.609.973.733,44	0,017065345
70	Pekerjaan Lantai Kerja A1	Rp 31.680.302,86	0,000149762
71	Pekerjaan Lantai Kerja A2	Rp 42.709.070,60	0,000201898
72	Pekerjaan Pile Cap A1	Rp 1.591.023.248,20	0,007521207
73	Pekerjaan Pile Cap A2	Rp 1.813.480.435,90	0,008572824
74	Pekerjaan Abutment A1	Rp 1.873.606.448,40	0,008857056
75	Pekerjaan Abutment A2	Rp 2.298.044.145,70	0,010863491
76	Pekerjaan Wing Wall	Rp 493.417.137,26	0,002332519
77	Pekerjaan Plat Injak A1	Rp 106.292.390,68	0,000502474
78	Pekerjaan Plat Injak A2	Rp 133.869.652,22	0,001578294
79	Pekerjaan Girder & Bearing Pad	Rp 2.267.472.362,00	0,01071897
80	Pekerjaan Diafragma	Rp 561.457.438,95	0,002654165
81	Pekerjaan Slab	Rp 613.942.676,43	0,002902277
	Total Harga	Rp 211.538.275.445	100%



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
0,034737853	0,039520896	0,050609265	0,053443474	0,057159314	0,04390602	0,04495803	0,044454294	0,042870531	0,038517386	0,021898969	0,029061384	0,014826393	0,023640395	0,019754176	0,025968841	0,033356502	0,036745581	0,033723105	0,033547275	0,035878928	0,026360027	0,012924812	0,014004911	0,006205149	0,014912243	0,007261684	0,005934602	0,005523847	0,006683997	0,004084541	0,004084541	0,002467269	0,002467269	0,008926119	0,006458851	0,02282727	0,02282727	0,016368419	0,016368419	0,016368419	0,016368419
3%	7%	12%	18%	24%	28%	32%	37%	41%	45%	47%	50%	52%	54%	56%	59%	62%	66%	69%	72%	76%	78%	80%	81%	82%	83%	84%	85%	85%	86%	86%	87%	87%	87%	88%	89%	91%	93%	95%	97%	98%	100%	

Lampiran 7 Kurva S Metode BIM

NO	ITEM PEKERJAAN	Harga Pekerjaan	Bobot
1	**PEKERJAAN PERSIAPAN**		
	Pembersihan Lahan STA 43+475 - 44+300 (825 M)	Rp 346.898.306,43	0,001636217
	Pembersihan Lahan STA 44+300 - 44+500 (200 M)	Rp 1.633.070.376,34	0,00770271
2	**PEKERJAAN AT GRADE**		0
	Pekerjaan Tanah		0
1	Timbunan Tanah STA 32+000-35+450	Rp 5.617.268.702,22	0,026494997
2	Timbunan Tanah STA 32+400-33+000	Rp 12.304.369.215,25	0,058036074
3	Pekerjaan Galian Tanah 33+000-33+325	Rp 441.793.710,00	0,00208381
4	Timbunan Tanah STA 33+225-33+400	Rp 547.777.067,92	0,002583702
5	Timbunan Tanah STA 33+400-33+525	Rp 3.803.753.657,64	0,017941182
6	Pekerjaan Galian Tanah STA 33+525-33+850	Rp 452.566.620,00	0,002134623
7	Pekerjaan Galian Tanah STA 33+850-34+050	Rp 6.200.081.400,00	0,029243952
8	Timbunan Tanah STA 34+050-34+225	Rp 5.238.653.912,91	0,024709183
9	Pekerjaan Galian Tanah STA 34+225-35+100	Rp 5.776.202.020,00	0,027244638
10	Pekerjaan Galian Tanah STA 35+100-35+725	Rp 11.891.312.490,00	0,056087808
11	Timbunan Tanah STA 35+725-36+125	Rp 3.202.780.017,84	0,015106567
12	Timbunan Tanah STA 36+125-36+300	Rp 8.006.775.600,53	0,037765595
13	Pekerjaan Timbunan 43+000-43+650	Rp 14.895.562.930,90	0,070257969
14	Pekerjaan Timbunan STA 43+650-43+900	Rp 2.003.853.277,94	0,009451584
15	Pekerjaan Timbunan STA 43+900-44+075	Rp 589.137.953,70	0,00277879
16	Pekerjaan Timbunan STA 44+075-44+500	Rp 9.841.211.270,53	0,046418086
17	Capping Layer STA 32+000 - 33+500 (1.500 M)	Rp 1.352.183.835,05	0,006377852
18	Capping Layer STA 33+500 - 36+300 (2.800 M)	Rp 2.308.624.150,00	0,010889098
19	Capping Layer STA 43+000 - 43+475 (475 M)	Rp 367.246.032,50	0,001732191
20	Capping Layer STA 43+475 - 44+300 (825 M)	Rp 605.009.177,50	0,00285365
21	Capping Layer STA 44+300 - 44+500 (200 M)	Rp 147.433.950,00	0,000695402
22	Drainage Layer STA 32+000 - 33+500 (1.500 M)	Rp 1.659.804.010,00	0,007828805
23	Drainage Layer STA 33+500 - 36+300 (2.800 M)	Rp 3.131.530.640,00	0,014770505
24	Drainage Layer 3 STA 43+000 - 43+475 (475 M)	Rp 550.782.650,00	0,002597879
25	Drainage Layer STA 43+475 - 44+300 (825 M)	Rp 964.281.670,00	0,004548232
26	Drainage Layer STA 44+300 - 44+500 (200 M)	Rp 264.974.450,00	0,001249806
27	Lean Concrete STA 32+000 - 33+500 (1.500 M)	Rp 2.954.552.730,00	0,013931752
28	Lean Concrete STA 33+500 - 36+300 (2.800 M)	Rp 5.488.660.520,00	0,02588839
29	Lean Concrete STA 43+000 - 43+475 (475 M)	Rp 906.424.910,00	0,004275338
30	Lean Concrete STA 43+475 - 44+300 (825 M)	Rp 1.605.647.784,00	0,007573366
31	Lean Concrete STA 44+300 - 44+500 (200 M)	Rp 378.036.910,00	0,001783088
32	Rigid Pavement STA 32+000 - 33+500 (1.500 M)	Rp 11.368.453.800,00	0,053621638
33	Rigid Pavement STA 33+500 - 36+300 (2.800 M)	Rp 20.769.990.840,00	0,09796591
34	Rigid Pavement STA 43+000 - 43+475 (475 M)	Rp 3.638.839.830,00	0,017163332
35	Rigid Pavement STA 43+475 - 44+300 (825 M)	Rp 6.142.611.090,00	0,028972882
36	Rigid Pavement STA 44+300 - 44+500 (200 M)	Rp 1.508.532.570,00	0,007115302
	PEKERJAAN BOX CULVERT		
	STA 32+055		0
37	BOX CULVERT STA 32+055	Rp 342.606.475,10	0,001615974
38	BOX CULVERT STA 32+175	Rp 335.705.682,43	0,001583425
39	BOX CULVERT STA 32+334	Rp 403.963.937,48	0,001905379
40	BOX CULVERT STA 32+427	Rp 396.738.542,21	0,001871298
41	BOX CULVERT STA 32+650	Rp 229.255.594,94	0,001081331
42	BOX CULVERT STA 32+650	Rp 262.839.653,30	0,001239737
43	BOX CULVERT STA 33+270	Rp 2.009.836.272,07	0,009479804
44	BOX CULVERT STA 33+415	Rp 460.655.182,27	0,002172774
45	BOX CULVERT STA 34+950	Rp 732.423.746,95	0,003454626
46	BOX CULVERT STA 35+120	Rp 338.381.684,74	0,001596046
47	BOX CULVERT STA 43+160	Rp 327.302.883,10	0,001543791
48	BOX CULVERT STA 43+220	Rp 340.512.610,28	0,001606097
49	BOX CULVERT STA 43+375	Rp 418.519.396,52	0,001974032
50	BOX CULVERT STA 43+590	Rp 411.986.292,62	0,001943218
51	BOX CULVERT STA 43+690	Rp 344.779.056,64	0,001626221
52	BOX CULVERT STA 43+810	Rp 414.992.224,30	0,001957396
53	BOX CULVERT STA 43+910	Rp 329.892.736,72	0,001556007
54	BOX CULVERT STA 44+010	Rp 335.643.986,72	0,001583134
55	BOX CULVERT STA 44+160	Rp 357.753.694,94	0,001687418
56	BOX CULVERT STA 44+210	Rp 382.586.243,51	0,001804546
57	BOX CULVERT STA 44+277	Rp 262.985.777,15	0,001240426
58	BOX CULVERT STA 44+293	Rp 491.701.844,45	0,002319212
	PEKERJAAN BOX UNDERPASS		
59	BOX UNDERPASS STA 32+013	Rp 582.894.249,11	0,00274934
60	BOX UNDERPASS STA 32+267	Rp 1.184.832.834,18	0,005588506
61	BOX UNDERPASS STA 32+648	Rp 1.306.133.201,31	0,006160644
62	BOX UNDERPASS STA 33+063	Rp 3.411.347.389,92	0,016090318
63	BOX UNDERPASS STA 36+048	Rp 6.760.238.259,95	0,031886047
64	BOX UNDERPASS STA 42+944	Rp 1.987.892.488,29	0,009376302
65	BOX UNDERPASS STA 43+472	Rp 2.694.978.645,29	0,012711418
66	BOX UNDERPASS STA 44+285	Rp 3.227.644.922,18	0,015223847
	PEKERJAAN BOX PEDESTRIAN		
67	BOX PEDESTRIAN STA 34+736	Rp 1.660.435.468,52	0,007831784
	PEKERJAAN JEMBATAN		
68	Pekerjaan Pondasi Boredpile A1	Rp 3.866.567.044,44	0,018237454
69	Pekerjaan Pondasi Boredpile A2	Rp 4.159.804.366,39	0,019620568
70	Pekerjaan Lantai Kerja A1	Rp 30.910.682,48	0,000145797
71	Pekerjaan Lantai Kerja A2	Rp 41.718.116,25	0,000196772
72	Pekerjaan Pile Cap A1	Rp 1.572.721.848,28	0,007418064
73	Pekerjaan Pile Cap A2	Rp 1.794.024.509,74	0,008461884
74	Pekerjaan Abutment A1	Rp 1.844.891.922,48	0,00870181
75	Pekerjaan Abutment A2	Rp 2.257.994.536,43	0,010650293
76	Pekerjaan Wing Wall	Rp 490.482.633,98	0,002313462
77	Pekerjaan Plat Injak A1	Rp 103.837.978,69	0,000489773
78	Pekerjaan Plat Injak A2	Rp 333.869.652,22	0,001574765
79	Pekerjaan Girder & Bearing Pad	Rp 2.267.472.362,00	0,010694997
80	Pekerjaan Diafragma	Rp 562.073.648,72	0,002651135
81	Pekerjaan Slab	Rp 610.301.216,46	0,002878611
	Total Harga	Rp 212.012.431.510	100%