



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR TERAPAN

ESTIMASI WAKTU DAN BIAYA PELAKSANAAN PEMBANGUNAN UNDERPASS PASURUAN PADA PROYEK JALAN TOL GEMPOL - PASURUAN RUAS GRATI SEKSI 3A STA 21+100 SAMPAI DENGAN STA 21+525

Mahasiswa 1 :

Moch. Ilham Adi Rizqi
NRP. 1011160000001

Mahasiswa 2 :

Gilang Alfisyar R
NRP. 1011160000012

Dosen Pembimbing:

Ir. Sulchan Arifin, M.Eng.
NIP. 19571119 198508 1 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020



TUGAS AKHIR TERAPAN

ESTIMASI WAKTU DAN BIAYA PELAKSANAAN PEMBANGUNAN UNDERPASS PASURUAN PADA PROYEK JALAN TOL GEMPOL - PASURUAN RUAS GRATI SEKSI 3A STA 21+100 SAMPAI DENGAN STA 21+525

Mahasiswa 1 :

**Moch. Ilham Adi Rizqi
NRP. 1011160000001**

Mahasiswa 2 :

**Gilang Alfisyar R
NRP. 1011160000012**

Dosen Pembimbing:

**Ir. Sulchan Arifin, M.Eng.
NIP. 19571119 198508 1 001**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020**



FINAL PROJECT

**ESTIMATED TIME AND COST OF IMPLEMENTATION OF
PASURUAN UNDERPASS DEVELOPMENT ON TOLL ROAD
PROJECTS GEMPOL - PASURUAN SECTION GRATI SEXY 3A STA
21+100 TO STA 21+525**

**Student 1 :
Moch. Ilham Adi Rizqi
NRP. 10111600000001**

**Student 2 :
Gilang Alfisyar R
NRP. 10111600000012**

**DIPLOMA III CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING COURSE
VOCATIONAL SCHOOL
TENTH NOVEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
Surabaya
2020**

LEMBAR PENGESAHAN

ESTIMASI WAKTU DAN BIAYA PELAKSANAAN PEMBANGUNAN UNDERPASS PASURUAN PADA PROYEK JALAN TOL GEMPOL – PASURUAN RUAS GRATI SEKSI 3A STA 21+100 SAMPAI DENGAN STA 21+525

TUGAS AKHIR TERAPAN

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Ahli Madya Pada
Program Studi Diploma III Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Disusun oleh:

MAHASISWA 1



MOCH. ILHAM ADL RIZQI

NRP. 1011160000001

MAHASISWA 2



GILANG ALFISYAR R

NRP. 1011160000012



DOSEN PEMBIMBING

I. SULCHAN ARIFIN, M.Eng.

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
NIP. 19571119 198508 1 001

30 JAN 2020



ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1. MOCH. ILHAM ADI RIZAL 2. Gilang Alfifgar R
NRP : 1. 1011160000001 2. 1011160000012
Judul Tugas Akhir : Estimasi waktu dan Biaya Pelaksanaan Pembangunan Underpass Pasuruan Pada Proyek Jalan Tol Fempol - Pasuruan Reas Gratis Sekeloa 3A STA 21+100 Sampai dengan STA 21+525
Dosen Pembimbing : Ir. Sulchan Arifin M-Eng.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	21-11-2019.	• Buat Outline pengerjaan Tugas akhir. • Cek mulai bab I.		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	5-12-2019.	• Outlinenya ditambahi mulai pengerjaan Bab. I. • Abstrak untuk Tugas Akhir harus sesuai perhitungan sendiri (Biaya). • Peta lokasi jembatan (UP. Pasuruan) disertakan. • Gambar, hitung metode Pelaksanaan dan biaya Pembuatan stock yard girder dan jalan akses, luasannya juga. • Tulis di batasan masalah untuk T.Amya sampai pengerjaan Pelat lantai saja. • Gambar CAD UP Pasuruan. • Kop gambar dan tabel item, Pengerjaan, volume, Produktivitas.		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :
B = Lebih cepat dari jadwal
C = Sesuai dengan jadwal
K = Terlambat dari jadwal

Durasi disiapkan.
• Cantumkan SDM tiap item Pekerjaan.



BERITA ACARA
TUGAS AKHIR TERAPAN
PROGRAM DIPLOMA III TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :
-/890/IT2.VI.8.1/PP.05.02/2020

Tanggal : 13/01/2020

Judul Tugas Akhir Terapan	Estimasi Waktu Dan Biaya Pelaksanaan Pembangunan Underpass Pasuruan Pada Proyek Jalan Tol Gempol - Pasuruan Ruas Grati Seksi 3A STA 21 + 100 Sampai Dengan STA 21 + 525		
Nama Mahasiswa 1	Moch. Ilham Adi Rizqi	NRP	10111600000001
Nama Mahasiswa 2	Gilang Alfisyar R	NRP	10111600000012
Dosen Pembimbing 1	Ir. Sulchan Arifin, M.Eng NIP. 19571119 198503 1 001	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2		Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
<ul style="list-style-type: none"> - Statement K₂, khususnya saat memodelkan waktu di pelaksanaan. - Kerangka di lengkapi di samakan juga - Cantumkan harga setempat / HSPK sebagai capaian s.d. ke harga yg telah anda peroleh. - Spesifikasi dari alat berat beryak di sana. 	<p align="center"></p> <p>Ir. R.A. Triaswati Moeljono N, M.Kes. NIP. 19580805 198601 2 002</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Defisiensi pd Daftar protokol, formen 28/PAT/21/2016 yg digunakan harus lengkap, bedanya mana alat & harga dari HSPK. - Flow chart diperbaiki? - Komentar ke. waktu pelaksanaan, apakah pelaksanaan di awal dari waktu pelaksanaan 'dumun'? - Komentar ke penggunaan APD harus ditambahkan. <p>Perman POPR 66/2015? diperbaiki ✓</p> <p align="center"><i>Cek kembali dummy</i></p>	<p align="center"></p> <p>Ir. Imam Prayogo, MMT NIP. -</p>

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
Ir. R.A. Triaswati Moeljono N, M.Kes. NIP. 19580805 198601 2 002	Ir. Imam Prayogo, MMT		

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1 Ir. Sulchan Arifin, M.Eng NIP. 19571119 198503 1 001	Dosen Pembimbing 2

ABSTRAK

Estimasi Waktu dan Biaya Pelaksanaan Pembangunan Underpass Pasuruan pada Proyek Jalan Tol Gempol – Pasuruan Ruas Grati Seksi 3A STA 21+100 sampai dengan STA 21+525

Oleh:

Moch. Ilham Adi Rizqi (10111600000001)
Gilang Alfisyar R. (10111600000012)

Tol Gempol – Pasuruan Ruas Grati Seksi 3A merupakan bagian dari Proyek Pembangunan Jalan Tol Gempol – Pasuruan yang menghubungkan daerah Gempol dan Kota Pasuruan. Tol Gempol – Pasuruan memiliki panjang mencapai 34,15 kilometer dan dalam pengerjaannya dibagi menjadi 3 seksi. Seksi I merupakan Ruas Gempol – Rembang dengan panjang 13,9 kilometer dan Seksi II merupakan Ruas Rembang – Pasuruan dengan Panjang 6,6 kilometer. Seksi I dan II telah rampung pengerjaannya dan mulai masing-masing Agustus 2017 dan Juni 2018, sedangkan untuk Seksi III merupakan Ruas Pasuruan – Grati yang sudah rampung dan sudah diresmikan oleh Presiden Joko Widodo.

Dalam Tol Gempol – Pasuruan Seksi III, pengerjaan dibagi kembali menjadi tiga, yaitu Seksi 3A (WIKA), Seksi 3B (PP), dan Seksi 3C (Adhikarya). Yang akan kami angkat dalam tema kami adalah Seksi 3A, yaitu tentang Estimasi Waktu dan Biaya Pelaksanaan Pembangunan Underpass Pasuruan pada Proyek Jalan Tol Gempol – Pasuruan Ruas Grati Seksi 3A STA 21+100 sampai dengan STA 21+525.

Pembangunan jalan Tol Gempol - Pasuruan ini dimaksudkan sebagai jalan penghubung alternatif yang menghubungkan kota Gempol dan kota Pasuruan yang sedang berkembang disekitarnya seiring dengan meningkatnya sektor industri dan perdagangan. Dalam pembangunan jalan Tol Gempol Pasuruan seksi 3A ini tentunya selalu memerlukan sumber daya yang berupa tenaga kerja, biaya, bahan, material, dan peralatan.

Biaya merupakan salah satu sumber daya yang sangat berperan besar untuk menunjang pembangunan proyek. Maka diperlukan perencanaan terhadap kebutuhan biaya melalui suatu penjadwalan biaya untuk mendapatkan jumlah biaya yang diperlukan berdasarkan waktu pelaksanaan proyek. Di Pasuruan, salah satunya berencana membangun Jalan Tol Gempol - Pasuruan.

Kata Kunci : Perencanaan, Penjadwalan, Rencana Anggaran Biaya

ABSTRACT

Estimated time and cost of implementing Underpass Pasuruan on the Gempol toll road project – Pasuruan section Grati STA 21 + 100 to STA 21 + 525

By:

Moch. Ilham Adi Rizqi (10111600000001)
Gilang Alfisyar R. (10111600000012)

Gempol Toll - Pasuruan Section Grati section 3A is part of the Gempol – Pasuruan toll road development project that connects the Gempol area and Pasuruan city. Gempol Toll – Pasuruan has a length of 34.15 kilometers and is divided into 3 sections. Section I is Gempol – Rembang with a length of 13.9 kilometers and section II is Rembang-Pasuruan with a length of 6.6 kilometers. Section I and II have been completed the process and started each August 2017 and June 2018, while for section III is the Pasuruan section – Grati that has been completed and has been inaugurated by President Joko Widodo.

In the toll Gempol – Pasuruan section III, the work is divided into three, namely section 3A (WIKA), section 3B (PP), and section 3C (Adhikarya). What we will raise in our theme is section 3A, which is about the estimated time and cost of implementation of Pasuruan Underpass development on the Gempol toll road project – Pasuruan section Grati sexy 3A STA 21+100 to STA 21+525.

The construction of Gempol-Pasuruan Toll road is intended as an alternative link that connects the city of Gempol and the city of Pasuruan which is in the vicinity along with the increasing industry and trade sectors. In the construction of Gempol Pasuruan toll Road Section 3A is certainly always need resources that are in the form of manpower, costs, materials, materials, and equipment.

Cost is one of the resources that play a big role to support project development. It is necessary to plan for cost requirements through a scheduling fee to get the required amount based on the

time of project execution. In Pasuruan, one of them plans to build Gempol - Pasuruan toll road.

Keywords : Planning, Scheduling, Budget Cost Plan

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas segala rahmat-Nya kami dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir kami yang berjudul *Estimasi Waktu dan Biaya Pelaksanaan Pembangunan Underpass Pasuruan pada Proyek Jalan Tol Gempol – Pasuruan Ruas Grati Seksi 3a Sta 21+100 sampai dengan Sta 21+525* ini dengan cukup baik dan lancar.

Tak lupa juga penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebanyak-banyaknya kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan laporan ini, antara lain kepada:

1. Orang Tua Penulis yang telah memberikan dukungan spiritual dan materi yang tidak terhingga
2. Mohammad Khoiri, S.T, M.T, PhD selaku Kepala Program Studi Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember,
3. Sulchan Arifin, Ir., M.Eng, selaku Dosen Pembimbing kami,
4. PT. Wijaya Karya (Persero), Tbk., selaku Kontraktor Pelaksana Proyek Pembangunan Jalan Tol Gempol-Pasuruan Seksi 3A
5. Semua Pihak dan Instansi yang telah membantu dalam penyelesaian Proposal Tugas Akhir ini
6. Teman-teman sekalian yang saling memberikan dukungan selama perkuliahan
7. Serta semua pihak yang secara tidak langsung ikut membantu kami dalam penyelesaian Proposal Tugas Akhir Terapan ini yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu

Penulis menyadari jika dalam penyelesaian Proposal Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan, oleh dari itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun sehingga dapat dijadikan masukan dalam

penyempurnaan penulisan-penulisan berikutnya. Semoga Laporan ini bermanfaat bagi penulis dan pembaca pada umumnya.

Surabaya, 27 September 2019

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
1.6 Peta Lokasi	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Umum.....	7
2.2 Item Pekerjaan.....	8
2.3 Alat berat yang digunakan.....	10
2.4 Tahapan Pelaksanaan	17
2.5 Metode Pelaksanaan Pekerjaan Konstruksi Jembatan	19
2.6 Jadwal Pelaksanaan Proyek.....	20
2.7 Analisa Waktu (Penjadwalan Proyek).....	21
2.8 Produktivitas Pekerjaan.....	21
2.9 Penjadwalan	23
BAB III METODOLOGI	27
3.1 Tujuan Metodologi	27
3.2 Tahapan Metodologi.....	27
3.2.1 Rumusan Masalah	28

3.2.2 Pengumpulan Data	28
3.2.3 Pengolahan Data.....	29
3.2.4 Hasil dan Kesimpulan	31
3.3 Flowchart Metodologi	33
BAB IV PEMBAHASAN	35
4.1 Uraian Umum.....	35
4.1.1 Pekerjaan Persiapan.....	35
4.1.2 Pekerjaan Tanah	36
4.1.3 Pekerjaan Struktur Bawah.....	36
4.1.4 Pekerjaan Struktur Atas.....	36
4.2 Peralatan Konstruksi Pelaksanaan Proyek.....	36
4.3 Pemilihan Peralatan Konstruksi	37
4.4 Metode Pelaksanaan Pekerjaan.	38
4.4.1 Mobilisasi	38
4.4.2 Pekerjaan Persiapan.....	40
4.4.3 Pekerjaan Tanah	55
4.4.4 Pekerjaan Struktur Bawah.....	69
4.4.5 Pekerjaan Struktur Atas.....	105
4.5 Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3).....	144
4.5.1 Helm Safety.....	144
4.5.2. Rompi Safety.....	144
4.5.3 Sepatu Safety.....	144
4.5.4 Body Harnes.....	144
4.5.5 Spanduk K3.....	144
4.5.6 Police Line.....	145
4.5.7 Sarung Tangan.....	145
4.5.8 Kacamata Safety.....	145

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	147
5.1 Kesimpulan.....	147
5.2 Saran.....	148
DAFTAR PUSTAKA.....	149
LAMPIRAN	151

Halaman Sengaja Dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Peta Lokasi Pekerjaan Proyek Tol Gempol Pasuruan Ruas Grati Seksi 3A	4
Gambar 1. 2 Peta Lokasi Pekerjaan Pembangunan Underpass Pasuruan pada Proyek Tol Gempol Pasuruan Ruas Grati Seksi 3A	5
Gambar 1. 3 Potongan Memanjang Pekerjaan Pembangunan Underpass Pasuruan pada Proyek Tol Gempol Pasuruan Ruas Grati Seksi 3A	6
Gambar 2. 1 Excavator	11
Gambar 2. 2 Dump Truck.....	11
Gambar 2. 3 Crawler Crane.....	12
Gambar 2. 4 Multi Axle Truck.....	13
Gambar 2. 5 Vibratory Roller.....	14
Gambar 2. 6 Water Tank Truck.....	14
Gambar 2. 7 Bulldozer	15
Gambar 2. 8 Truk Ready Mix	16
Gambar 2. 9 Concrete Pump	16
Gambar 2. 10 Metode Pelaksanaan Erektion Girder	19
Gambar 3. 1 Flowchart Metodologi	34
Gambar 4. 1 Pekerjaan Pemanancangan	70
Gambar 4. 2 Pekerjaan Pemotongan Tiang Pancang.....	78
Gambar 4. 3 Proses Pengecoran Lean Concrete.....	81

Halaman Sengaja Dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Keperluan Tenaga Kerja.....	39
Tabel 4. 2 Perhitungan Volume Clearing Area	43
Tabel 4. 3 Volume Galian Pilar Dan Abutments.....	56
Tabel 4. 4 Volume Galian Pilar Dan Abutments (Kanan).....	56
Tabel 4. 5 Volume Timbunan Struktur Pilar Dan Abutments (Kiri).....	62
Tabel 4. 6 Volume Timbunan Struktur Pilar Dan Abutments (Kanan).....	63
Tabel 4. 7 Perhitungan Volume Pasir Urug.....	81
Tabel 4. 8 Perhitungan Volume Lean Concrete	83
Tabel 4. 9 Perhitungan Bekisting P1 s/d P11	86
Tabel 4. 10 Kebutuhan Jam Kerja Pasang Bekisting Pondasi (Footing).....	87
Tabel 4. 11 Pekerjaan Pembesian Footing Pilar	88
Tabel 4. 12 Pekerjaan Pengecoran Footing Pilar.....	91
Tabel 4. 14 Efisiensi Kerja	93
Tabel 4. 15 Perhitungan Volume Wall Abutment.	96
Tabel 4. 16 Perhitungan Volume Wing Wall Kiri.....	97
Tabel 4. 17 Perhitungan Volume Wing Wall Kanan.....	97
Tabel 4. 18 Rincian Volume Tulangan Pilar 1 kiri dan kanan ..	101
Tabel 4. 19 Pier Head 1 Kiri.....	107
Tabel 4. 20 Pier Head 1 Kanan.....	107
Tabel 4. 21 Pier Head 1 Kiri.....	110
Tabel 4. 22 Pier Head 1 Kanan.....	110
Tabel 4. 23 Perhitungan Volume Diafragma Span 1 (Kanan – Kiri)	132
Tabel 4. 24 Perhitungan Volume Tulangan Diafragma Span 1 (Kanan – Kiri)	134
Tabel 4. 25 Perhitungan Volume Pelat Lantai Span 1.....	138
Tabel 4. 26 Perhitungan Volume Tulangan Pelat Lantai Span 1	140

Halaman Sengaja Dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tol Gempol – Pasuruan Ruas Grati Seksi 3A merupakan bagian dari Proyek Pembangunan Jalan Tol Gempol – Pasuruan yang menghubungkan daerah Gempol dan Kota Pasuruan. Tol Gempol – Pasuruan memiliki panjang mencapai 34,15 kilometer dan dalam pengerjaannya dibagi menjadi 3 seksi. Seksi I merupakan Ruas Gempol – Rembang dengan panjang 13,9 kilometer dan Seksi II merupakan Ruas Rembang – Pasuruan dengan Panjang 6,6 kilometer. Seksi I dan II telah rampung pengerjaannya dan mulai masing-masing Agustus 2017 dan Juni 2018, sedangkan untuk Seksi III merupakan Ruas Pasuruan – Grati yang sudah rampung dan sudah diresmikan oleh Presiden Joko Widodo.

Keberadaan jalan Tol ini sangat penting dalam kelancaran arus lalu lintas. Seiring meningkatnya jumlah lalu lintas yang diakibatkan bertambahnya jumlah kendaraan dan kondisi perkerasan jalan arteri yang sudah mengalami kerusakan (bergelombang dan retak-retak) pada beberapa lokasi di ruas jalan dan kemacetan yang terjadi akibat jalan yang rusak. Dalam Pembangunan Proyek Jalan Tol Gempol-Pasuruan seksi 3A ini

Biaya merupakan salah satu sumber daya yang sangat berperan besar untuk menunjang pembangunan proyek. Maka diperlukan perencanaan terhadap kebutuhan biaya melalui suatu penjadwalan biaya untuk mendapatkan jumlah biaya yang diperlukan berdasarkan waktu pelaksanaan proyek. Di Kota Pasuruan, pemerintah berencana membangun Jalan alternatif yaitu Jalan Tol Gempol - Pasuruan.

Pembangunan jalan Tol Gempol - Pasuruan ini dimaksudkan sebagai jalan penghubung alternatif yang menghubungkan daerah Gempol dan kota Pasuruan yang sedang berkembang disekitarnya seiring dengan meningkatnya

sektor industri dan perdagangan. Maka dari itu kami akan membahas mengenai estimasi waktu dan biaya pengerjaan agar pengerjaan berjalan sesuai jadwal dan bisa segera digunakan oleh masyarakat.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan pokok yang terkait dengan perhitungan waktu dan biaya pada proyek tersebut antara lain adalah :

1. Bagaimana menentukan tahapan pelaksanaan yang digunakan untuk pembangunan Underpass Pasuruan pada Proyek Jalan Tol Gempol – Pasuruan Seksi 3A
2. Bagaimana perhitungan durasi yang diperlukan untuk menyelesaikan pembangunan Underpass Pasuruan dengan metode pelaksanaan yang digunakan
3. Bagaimana perhitungan biaya yang diperlukan untuk membangun Underpass Pasuruan dengan metode pelaksanaan yang digunakan

1.3 Batasan Masalah

Dalam penyusunan Proposal Tugas Akhir ini penulis membatasi beberapa permasalahan diantaranya :

1. Tidak membahas permasalahan yang terkait dengan pembebasan lahan.
2. Tidak membahas masalah lalu lintas disekitar lokasi proyek saat dikerjakan.
3. Tidak membahas masalah perhitungan perencanaan struktur jembatan (Underpass), pembuatan saluran drainase dan dimensi saluran.
4. Membahas perhitungan waktu dan biaya pekerjaan jembatan yang meliputi: Pemancangan, Lean Concrete (LC), Pile Cap, Pier, Pier Head, Bearing Pad, Pemasangan Balok Girder, Diafragma dan Pelat Jembatan.
5. Membahas masalah Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) secara singkat.

1.4 Tujuan

Maksud dan Tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk :

1. Mengetahui tahapan pelaksanaan yang digunakan untuk pembangunan Underpass Pasuruan pada Proyek Jalan Tol Gempol – Pasuruan Seksi 3A
2. Mengetahui kebutuhan waktu yang diperlukan dalam metode pelaksanaan yang digunakan
3. Mengetahui biaya yang dibutuhkan dalam metode pelaksanaan yang digunakan

1.5 Manfaat

Manfaat dari penulisan Tugas akhir ini adalah untuk :

1. Mendapatkan tahapan pelaksanaan untuk pembangunan Underpass Pasuruan pada Proyek Jalan Tol Gempol – Pasuruan Seksi 3A.
2. Mendapatkan penyusunan jadwal waktu pelaksanaan untuk setiap item pekerjaan menggunakan sumber daya dan metode kerja yang tepat.
3. Mendapatkan biaya untuk menyelesaikan setiap item pekerjaan dengan penggunaan dana yang ada.

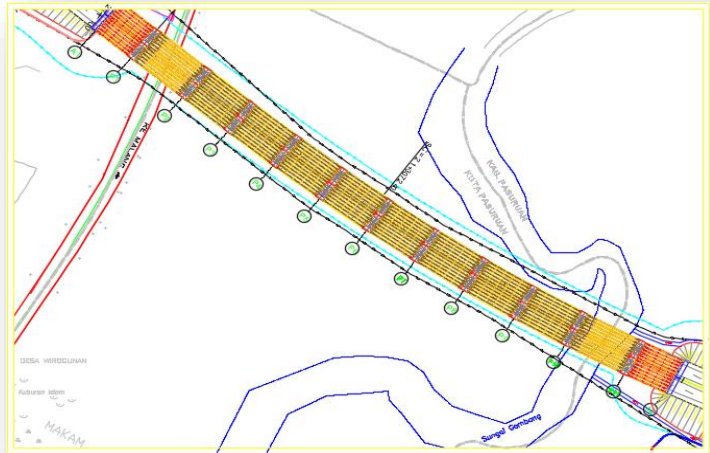
1.6 Peta Lokasi

Lokasi proyek jalan tol ini berada di sepanjang ruas Pasuruan-Grati dengan melewati 4 kecamatan, yaitu Pohjentrek, Tembok Rejo, Sekargadung, dan Karang Pandan.



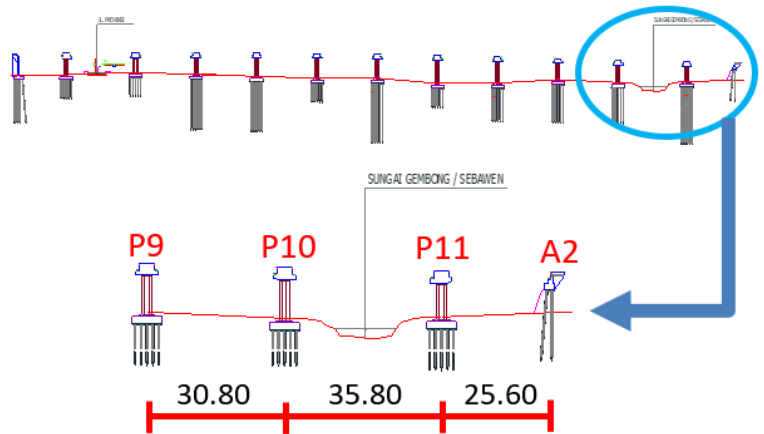
Sumber : Data PT. Wijaya Karya (Persero) Tbk Proyek Jalan Tol Gempas Seksi 3A

Gambar 1. 1 Peta Lokasi Pekerjaan Proyek Tol Gempol Pasuruan Ruas Grati Seksi 3A



Sumber : Data PT. Wijaya Karya (Persero) Tbk Proyek Jalan Tol Gempas Seksi 3A

Gambar 1. 2 Peta Lokasi Pekerjaan Pembangunan Underpass Pasuruan pada Proyek Tol Gempol Pasuruan Ruas Grati Seksi 3A



Sumber : Data PT. Wijaya Karya (Persero) Tbk Proyek Jalan Tol Gempas Seksi 3A

Gambar 1. 3 Potongan Memanjang Pekerjaan Pembangunan Underpass Pasuruan pada Proyek Tol Gempol Pasuruan Ruas Grati Seksi 3A

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Proyek konstruksi adalah proyek yang berkaitan dengan upaya pembangunan suatu bangunan infrastruktur, yang umumnya mencakup pekerjaan pokok yang termasuk dalam bidang teknik sipil dan arsitektur. Bangunan-bangunan tersebut meliputi aspek kepentingan masyarakat yang sangat luas, berupa perumahan untuk tempat tinggal, apartement dan gedung perkantoran berlantai banyak, pabrik dan bangunan industri, jembatan, jalan raya termasuk jalan layang, jalan kereta api, pembangkit listrik tenaga nuklir, bendungan dan terowongan PLTA, saluran pengairan, sistem sanitasi dan drainase, bandar udara dan hanggar pesawat terbang, pelabuhan laut dan bangunan lepas pantai, jaringan kelistrikan dan telekomunikasi, kilang minyak dan jaringan plambing, dan lain sebagainya (Dipohusodo, 1996).

Proyek konstruksi dapat dibedakan menjadi dua jenis kelompok bangunan, yaitu (Ervianto, 2005) :

1. Bangunan gedung: rumah, kantor, pabrik dan lain-lain. Ciri-ciri kelompok bangunan ini adalah :
 - a. Proyek konstruksi menghasilkan tempat orang bekerja atau tinggal.
 - b. Pekerjaan dilaksanakan pada lokasi yang relatif sempit dan kondisi pondasi pada umumnya sudah diketahui.
 - c. Manajemen dibutuhkan, terutama untuk *progressing* pekerjaan.
2. Bangunan sipil: jalan, jembatan, bendungan, dan infrastruktur lainnya. Ciri-ciri dari kelompok bangunan ini adalah :
 - a. Proyek konstruksi dilaksanakan untuk mengendalikan alam agar berguna bagi kepentingan manusia.

- b. Pekerjaan dilaksanakan pada lokasi yang luas atau panjang dan kondisi pondasi sangat berbeda satu sama lain dalam suatu proyek.
- c. Manajemen dibutuhkan untuk memecahkan permasalahan.

2.2 Item Pekerjaan

Dalam proyek Tol Gempol Pasuruan Seksi 3A, dapat ditentukan item-item pekerjaan, antara lain :

a. Pekerjaan Persiapan

- Mobilisasi

Mobilisasi alat berat adalah suatu kegiatan yang berupa mengirim alat berat yang diperlukan untuk melaksanakan proyek. Sedangkan, demobilisasi alat berat adalah pengembalian dan pemindahan peralatan yang telah digunakan.

b. Pekerjaan Tanah

- Galian Struktur

Galian Struktur harus dibatasi hanya pada galian untuk lantai pondasi beton jembatan atau tembok penahan tanah beton, gorong-gorong kotak (*box culvert*), tembok sayap (*wing wall*) dan struktur pemikul beban atau bangunan tol lainnya, kecuali yang tidak ditunjukkan dalam Spesifikasi ini. Pekerjaan galian ini mencakup pengurugan dan pemadatan kembali dengan material yang disetujui oleh Konsultan Pengawas, dan menggunakan material lebih dari daerah urugan, pembuangan bahan-bahan sisa dan penggunaan semu bahan dan peralatan lainnya untuk menghindarkan galian dari genangan air tanah dan air permukaan.

c. Pekerjaan Struktur Bawah

- Pemancangan

Pondasi tiang pancang adalah salah satu elemen bangunan yang berfungsi memindahkan beban struktur dan beban bangunan ke tanah. Umumnya tiang pancang digunakan atau dipilih apabila kondisi tanah relatif stabil dan kedalaman tanah keras masih terjangkau atau tidak terletak jauh di bawah permukaan tanah. Jenis pondasi tiang pancang tidak dapat digunakan pada kondisi tanah yang berisi batu-batuan. Pondasi tiang pancang dapat terbuat dari kayu keras, beton dan baja (pipa atau profil).

- Pile Cap

Pile Cap merupakan suatu cara untuk mengikat pondasi sebelum didirikan kolom di bagian atasnya. Pile cap tersusun atas tulangan baja berdiameter 16mm, 19mm dan 25mm yang membentuk suatu bidang dengan ketebalan 50 mm dan lebar yang berbeda-beda tergantung dari jumlah tiang yang tertanam.

- Pier / Pilar

Pier / Pilar adalah struktur pendukung bangunan atas, pilar bisa digunakan pada jembatan bentang panjang, posisi pilar berada pada kedua abutment. Ada yang menyebut Definisi pilar yaitu bangunan bawah yang terletak diantara kedua kepala jembatan, berfungsi sebagai pemikul seluruh beban pada ujung-ujung bentang dan gaya-gaya lainnya, serta melimpahkan ke pondasi.

- Pier Head

Pier Head adalah dudukan balok girder (gelagar) serta berfungsi sebagai penyalur beban lalu lintas dan girder ke pier. Pier head juga sebagai tempat diletakkannya dudukan / tumpuan (bearing).

- Abutment

Abutment adalah bangunan bawah jembatan yang terletak pada kedua ujung pilar – pilar jembatan,

berfungsi sebagai pemikul seluruh beban hidup (Angin, kendaraan, dll) dan mati (beban gelagar, dll) pada jembatan.

d. Pekerjaan Struktur Atas

- Balok Girder (Gelagar)

Girder adalah sebuah balok diantara dua penyangga dapat berupa pier ataupun abutment pada suatu jembatan atau *fly over*. Umumnya girder merupakan balok baja dengan profil I, namun girder juga dapat berbentuk box (*box girder*), atau bentuk lainnya.

- Diafragma

Diafragma adalah elemen struktur yang berfungsi untuk memberikan ikatan antara PCI Girder sehingga akan memberikan kestabilan pada masing PCI Girder dalam arah horisontal.

- Pelat Lantai Kendaraan

Pengertian Pelat Lantai adalah lantai yang tidak terletak di permukaan tanah, atau bisa disebut lantai tingkat. Pekerjaan pelat lantai ini haruslah kokoh, kaku, mempunyai ketinggian yang sama dan nyaman untuk berpijak.

2.3 Alat berat yang digunakan

a. Excavator 0,9 m3 (PC 200-6)

Excavator adalah alat berat yang digunakan untuk memindahkan suatu material sehingga meringankan pekerjaan yang berat apabila dilakukan dengan tenaga manusia dan juga mempercepat waktu pelaksanaan sehingga menghemat waktu. Pada proyek ini, *excavator* digunakan untuk perataan permukaan tanah dan pembersihan lahan. Faktor- faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan excavator adalah dalam hal kapasitas bucketnya, kondisi kerja, bisa menggali pada daerah yang lunak sampai keras. (*Tenrisukki, 2003*).



Sumber : Dokumentasi Penulis
Gambar 2. 1 Excavator

b. Dump Truck (DT 8 m3)

Dump truck adalah sebuah truck yang mempunyai bak yang dapat dimiringkan untuk menurunkan material dengan memiringkan bak sehingga material yang diangkut akan meluncur ke bawah. *Dump truck* digunakan untuk mengangkut material saat pekerjaan tanah.



Sumber : Dokumentasi Penulis
Gambar 2. 2 Dump Truck

c. Crawler Crane (Kapasitas 45 Ton, Kapasitas 100 Ton Tipe Sumitomo LS-238, Kapasitas 150 Ton Tipe Sumitomo LS-248)

Crawler crane adalah mesin pengangkat yang bersifat dinamis, dimana dalam pengoperasiannya bersifat mobile atau dapat melakukan perpindahan tempat. Fungsi *crawler crane* adalah untuk mengangkat material, memindahkannya secara horizontal, kemudian menurunkan material di tempat yang diinginkan secara vertikal.

Pemakaian *crawler crane* cocok untuk kondisi pekerjaan yang dalam waktu pemakaiannya relatif cukup lama, jarang-jarang pindah tempat, lokasi yang sempit dan jalan kerja yang jelek (daya dukung rendah). *Crawler Crane* tidak direkomendasikan untuk jalan jauh dengan track. Untuk keamanan diperjalanan, boom harus diperpendek terlebih dahulu (report). Keseimbangan alat juga dipengaruhi oleh besarnya jarak roda *crawler*. Pada beberapa jenis crane, crane yang mempunyai *crawler* lebih panjang untuk mengatasi keseimbangan alat.



Sumber : Dokumentasi Penulis

Gambar 2. 3 Crawler Crane

d. Multi Axle Truck (Truk Boogie Kapasitas 100 Ton)

Multi Axle Truck merupakan truk pengangkut girder yang mirip *trailer truck*, dengan jumlah roda sangat

banyak. Truk ini memiliki dua lubang pengait terletak di bagian depan dan belakang, yang dapat ditarik dengan *truck head* atau “kepala” truk. *Truck head* tersebut dipasang terpisah sehingga dapat berpindah dari posisi depan truk ke posisi belakang truk, begitupun sebaliknya. Truk ini sangat diperlukan bagi mobilisasi.



Sumber : Dokumentasi Penulis

Gambar 2. 4 Multi Axle Truck

e. Vibratory Roller (Vibro Roller CA25)

Versi lain dari *tandem roller* adalah *vibration roller* (penggilas akhir). *Vibratioan roller* mempunyai efisiensi pemadatan yang sangat baik. Alat ini memungkinkan digunakan secara luas dalam tiap jenis pekerjaan pemadatan. Efek yang diakibatkan oleh *vibrator roller* adalah gaya dinamis terhadap tanah. Butir-butir tanah cenderung mengisi bagian-bagian kosong yang terdapat diantara butir-butirnya. Sehingga akibat getaran ini tanah menjadi padat dengan susunan yang lebih kompak.



Sumber : Dokumentasi Penulis
Gambar 2. 5 Vibratory Roller

f. Water Tank Truck (5000 Liter)

Water Tank Truck adalah truk tangki yang berfungsi untuk menampung air dalam skala besaryang terbuat dari bahan fiberglass atau stainless steel untuk membasahi pada pekerjaan pemadatan tanah.(*Analisa Harga Satuan Pekerjaan,2016*).



Sumber : Google

Gambar 2. 6 Water Tank Truck

g. Bulldozer (Caterpillar D65)

Bulldozer adalah alat berat bertipe traktor menggunakan Track/rantai serta dilengkapi dengan pisau (dikenal dengan blade) yang terletak di depan. Bulldozer merupakan traktor yang mempunyai traksi besar. Alat berat ini digunakan untuk pekerjaan menggali, mendorong, menggosur dan menarik material (tanah, pasir, dsb). Bulldozer dapat dioperasikan pada medan yang berlumpur, berbatu, berbukit dan di daerah yang berhutan.



*Sumber : Dokumentasi Penulis
Gambar 2. 7 Bulldozer*

h. Truk Ready Mix (Kapasitas 5 m3)

Truk Molen (Truk *Ready Mix*) dalam dunia konstruksi terdapat beberapa alat berat yang menunjang, salah satunya adalah truk pengaduk beton. Pengaduk beton adalah mesin yang digunakan untuk mengaduk beton. Mesin ini dapat berupa mesin statis, semi mobile maupun full mobile (*Mixer Truck*).



Sumber : Dokumentasi Penulis

Gambar 2. 8 Truk Ready Mix

i. Concrete Pump (Long Boom 25m)

Concrete Pump adalah sebuah mesin/alat yang digunakan untuk menyalurkan adonan beton segar dari bawah ke tempat pengecoran atau tempat pengecoran yang letaknya sulit dijangkau oleh truck mixer.



Sumber : Dokumentasi Penulis

Gambar 2. 9 Concrete Pump

2.4 Tahapan Pelaksanaan

a. Pekerjaan Persiapan

Yang harus dilakukan pada tahap persiapan adalah menyiapkan akses jalan untuk pelaksanaan dan mobilisasi alat berat. Mobilisasi alat berat disini meliputi kedatangan dan perakitan alat berat yang digunakan untuk pelaksanaan pembangunan Underpass Pasuruan.

Proses persiapan akses jalan untuk pelaksanaan adalah sebagai berikut :

- Akses jalan diratakan menggunakan alat berat Bulldozer.
- Akses jalan dipadatkan menggunakan alat berat Vibratory Roller.
- Akses jalan disiram air menggunakan *Water Tank Truck* untuk mengurangi debu yang berterbangan akibat dari alat berat atau kendaraan yang lewat.

Sedangkan untuk proses mobilisasi alat berat (Crawler Crane) adalah sebagai berikut :

- Rangkaian Crawler Crane yang masih terpisah didatangkan ke lokasi proyek menggunakan truk trailer.
- Rangkaian Crawler Crane yang masih terpisah dirakit.

b. Pekerjaan Tanah

Pada pekerjaan tanah disini meliputi pekerjaan galian struktur, timbunan, dan pemadatan. Untuk pekerjaan galian struktur dan timbunan menggunakan alat berat Excavator dan Dump Truk, sedangkan untuk pekerjaan pemadatan menggunakan alat berat Vibratory Roller dan Bulldozer.

Pelaksanaan proses galian struktur dan timbunan adalah sebagai berikut :

- Tanah digali menggunakan Excavator untuk proses pemancangan, pengerjaan pile cap, dan pengerjaan pier.
- Tanah hasil galian dimasukkan ke Dump Truk untuk dipindahkan ke tempat steril pengerjaan.

- Setelah pemancangan, pengerjaan pile cap, dan pengerjaan pier selesai, tanah yang digali ditimbun kembali.
- Tanah timbunan diratakan menggunakan alat berat Buldozer.
- Tanah dipadatkan menggunakan alat berat Vibratory Roller.

c. Pekerjaan Struktur Bawah

Untuk pekerjaan struktur bawah meliputi pekerjaan pemancangan, pile cap, pier / pilar, pier head, dan abutment. Alat berat yang digunakan pada pekerjaan ini adalah Crane Pancang, Truk Mixer dan Concrete Pump,

Pelaksanaan pekerjaan struktur bawah adalah sebagai berikut :

- Proses pemancangan menggunakan alat berat Crane Pancang.
- Untuk pengecoran pile cap, pier / pilar, pier head, dan abutment menggunakan Truk Mixer dan Concrete Pump.

d. Pekerjaan Struktur Atas

Untuk pekerjaan struktur atas meliputi pekerjaan pemasangan balok girder (gelagar), diafragma, dan pelat lantai kendaraan. Alat berat yang digunakan pada pekerjaan ini adalah Crane Girder, *Multi Axle Truck*, Truk Mixer dan Concrete pump

Pelaksanaan pekerjaan struktur atas adalah sebagai berikut :

- Proses pemasangan balok girder menggunakan alat berat Crane Girder dan *Multy Axle Truck*.
- Untuk pengecoran diafragma dan pelat lantai kendaraan menggunakan Truk Mixer dan Concrete Pump.

2.5 Metode Pelaksanaan Pekerjaan Konstruksi Jembatan

Bagian-bagian struktur utama dari konstruksi jembatan adalah struktur pondasi, struktur abutment, struktur pilar, struktur lantai jembatan, struktur kabel, dan struktur oprit. Bagian metoda konstruksi terpenting dalam konstruksi jembatan adalah proses erection lantai jembatan, dimana banyak metoda dimungkinkan untuk melakukan erection tersebut.

Adapun metode konstruksi terpenting dalam konstruksi jembatan juga sangat bervariasi dan sangat ditentukan oleh banyak pertimbangan, antara lain:

- Kondisi medan,
- Tipe alat yang telah dimiliki,
- Kondisi akses menuju ke lokasi proyek,
- Pertimbangan lalu lintas lama,
- Tipe material dan struktur jembatan yang digunakan, apakah baja atau beton.
- Pertimbangan waktu pelaksanaan

Untuk melaksanakan proses Erection Girder pada proyek pembangunan Underpass Pasuruan ini menggunakan metode Crawler Crane, yang masing-masing berkapasitas 45 Ton, 100 Ton, dan 150 Ton.



Sumber : Dokumentasi Penulis

Gambar 2. 10 Metode Pelaksanaan Erektion Girder

2.6 Jadwal Pelaksanaan Proyek

Jadwal pelaksanaan manajemen proyek merupakan jadwal yang mencakup seluruh item pekerjaan atau paket pekerjaan yang ada dalam proyek sehingga dapat memberikan gambaran rencana kegiatan pada tahap persiapan sampai tahap penyelesaian. Umumnya digunakan gabungan antara diagram batang (Bar Chart) dengan kurva S. Sistem ini dirasa lebih bermanfaat mengingat dengan diagram batang dapat dilihat dengan mudah rangkaian kegiatan secara keseluruhan, sedangkan melalui kurva S akan diperoleh kemajuan manajemen proyek secara keseluruhan.

a. PDM (Precedence Diagram Method)

PDM pada dasarnya menitik beratkan pada persoalan keseimbangan antara biaya dan waktu penyelesaian proyek. PDM menekankan pada hubungan antara pemakaian sejumlah tenaga kerja atau sumber daya untuk mempersingkat waktu pelaksanaan suatu proyek dan kenaikan biaya sebagai akibat penambahan sumber-sumber daya tersebut. Dalam PDM jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tahapan dari proyek konstruksi dianggap pasti.

b. Man

Man Merupakan penduduk yang berada pada usia kerja. Secara garis besar penduduk suatu Negara dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu tenaga kerja dan bukan tenaga kerja. Penduduk tergolong tenaga kerja jika telah memasuki usia kerja yang berlaku di Indonesia sekitar usia 15 tahun sampai 64 tahun.

c. Method

Method merupakan cara teratur yang digunakan untuk melaksanakan suatu pekerjaan agar tercapai sesuai dengan yang dikehendaki. Proyek konstruksi memerlukan metode

guna melaksanakan semua susunan pekerjaan yang telah disusun didalam sebuah jadwal.

d. Money

Money Merupakan sebuah nilai tukar yang digunakan oleh seluruh lapisan masyarakat. Sebuah proyek konstruksi sangatlah memerlukan nilai tukar sebagai tanda bayar yang sah.

e. Modern Machine

Merupakan alat berat yang memiliki kemampuan dan teknologi terbaru. Berfungsi sebagai alat bantu dalam sebuah proyek konstruksi.

2.7 Analisa Waktu (Penjadwalan Proyek)

Penjadwalan suatu proyek merupakan langkah untuk menerjemahkan suatu perencanaan ke dalam diagram-diagram yang sesuai dengan waktu. Penjadwalan ini sangat menentukan aktivitas-aktivitas pelaksanaan proyek untuk dimulai, ditunda, dan diselesaikan dengan waktu sesuai kebutuhan yang diperlukan. Aktivitas proyek biasanya disusun dalam suatu diagram network(Network Planning). Didalam diagram network terdapat beberapa lintasan dan diantaranya adalah lintasan kritis.

- Lintasan Kritis

Lintasan kritis bertujuan untuk mengetahui dengan cepat kegiatan yang mengalami keterlambatan pelaksanaan sehingga setiap saat dapat diketahui tingkat prioritas kebijakan penyelenggaraan proyek terhadap kegiatan kritis dan hamper kritis.

2.8 Produktivitas Pekerjaan

a. Durasi Pekerjaan

Durasi pekerjaan dalam penyelenggaraan proyek adalah mempelajari tingkah laku pelaksanaan kegiatan

selama penyelenggaraan proyek. Tujuan analisa waktu dalam suatu proyek adalah untuk menekan tingkat ketidakpastian dalam waktu pelaksanaan selama penyelenggaraan proyek. Dengan demikian diharapkan waktu yang tepat bisa ditentukan. Dengan menentukan waktu yang tepat, analisa biaya dan analisa sumber daya segera bisa dilakukan. Manfaat lain dari analisa waktu ini adalah cara kerja yang efisien bisa diselenggarakan sehingga waktu penyelenggaraan menjadi efisien pula. Ada dua faktor penentu lama kegiatan, yaitu faktor teknis dan faktor non teknis. Yang termasuk faktor teknis adalah volume pekerjaan, sumber daya, jam kerja per hari. Sedangkan yang termasuk factor non teknis adalah banyak hari kerja perminggu, banyaknya hari-hari libur, banyaknya hari-hari hujan dan cuaca yang tidak memungkinkan menyelenggarakan pekerjaan. Secara umum, perhitungan waktu dapat dihitung dengan rumus :

$$Durasi = \frac{Volume}{Produktivitas Pekerjaan \times Jumlah Group}$$

Dimana :

Durasi : Durasi yang dibutuhkan (hari)

Volume : Volume yang dikerjakan (m^3)

Produktivitas : Kapasitas Persatuan waktu (m^3/jam)

Satuan pada volume tergantung pada alat apa yang digunakan untuk alat, produktivitas yang didapat dari perhitungan sebelumnya perlu dikalikan dengan jumlah jam kerja tiap hari.

b. Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya merupakan besarnya biaya yang dibutuhkan untuk melaksanakan setiap pekerjaan. Biaya tersebut didapatkan dengan menjumlahkan hasil pekerjaan di lapangan. Biaya tersebut didapatkan dengan menjumlahkan hasil perkalian antar harga masing –

masing pekerjaan dengan waktu masing – masing pekerjaan.

c. Tenaga Kerja

Pada saat pelaksanaan pekerjaan *Underpass* seluruhnya dilakukan dengan bantuan alat berat. Namun untuk pengoperasiannya dibutuhkan sumber daya manusia, selain itu banyak pekerjaan lain yang juga membutuhkan tenaga kerja untuk penyelesaian sebuah proyek.

Sumber daya manusia atau tenaga kerja, sebagai penentu keberhasilan proyek, harus memiliki kualifikasi, keterampilan dan keahlian yang sesuai dengan kebutuhan untuk mencapai keberhasilan suatu proyek.

Biaya Pekerjaan = Jumlah jam kerja x upah pekerja

d. Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam perhitungan Rencana Anggaran Biaya, yaitu sebagai salah satu faktor pengali untuk harga satuan. Perhitungan volume ini didasarkan pada perencanaan profil melintang (*cross section*) dan profil memanjang (*long section*).

e. Harga Pekerjaan

Harga pekerjaan diperoleh dari Buku Peraturan Menteri Pekerjaan Umum no 28/2016 yang menjadi acuan penulis untuk mendapatkan nilai harga setiap pekerjaan. Harga pekerjaan berupa harga material, harga sewa, dan harga upah.

2.9 Penjadwalan

Metode penjadwalan yang akan membantu menguraikan setiap pekerjaan dengan tepat dan menyesuaikan. Adapun dibawah ini dua metode penjadwalan yaitu :

a. Kurva S

Kurva S adalah sebuah grafik yang menunjukkan kemajuan pembangunan berdasarkan kegiatan, waktu, dan bobot pekerjaan yang dipresentasikan sebagai presentasi kumulatif dari seluruh kegiatan pembangunan. Visualisasi kurva S dapat memberikan informasi mengenai kemajuan pembangunan dengan membandingkan terhadap jadwal rencana. Dari sinilah diketahui apakah ada keterlambatan atau percepatan jadwal pembangunan. Indikasi tersebut dapat menjadi informasi awal mula melakukan tindakan koreksi dalam proses pengendalian penjadwalan. Penyusun menggunakan kurva S untuk menyajikan progres pekerjaan berdasarkan waktu dan biaya pekerjaan, dikarenakan dengan kurva S dapat ditunjukkan lebih rinci mengenai durasi dan biaya pekerjaan, serta bobot tiap kerjaan terhadap kumulatif bobot pekerjaan.

b. Microsoft Project

Microsoft Office Project merupakan sebuah program computer yang berguna untuk menyusun rencana kerja sebuah proyek. Program ini dirancang untuk membantu pekerjaan sebuah proyek dalam perencanaan pengembangan, mengatur durasi pekerjaan, mengatur jadwal pekerjaan, penggunaan sumber daya dan masih banyak hal yang berhubungan dengan manajemen proyek. MS Project menyusun metode pelaksanaan dengan metode *PrecedenceDiagram Method (PDM)*. (“*Panduan Lengkap Microsoft Project Professional 2007, 2007*”)

Hubungan antar pekerjaan (*Predecessors*) dalam *Ms. Project* dapat dituliskan dalam beberapa macam, yaitu :

- Finish to Start (FS)

Suatu hubungan ketergantungan dimana pekerjaan B tidak boleh dimulai sampai pekerjaan A selesai.

- Start to Start (SS)
Suatu hubungan ketergantungan dimana pekerjaan B tidak boleh dimulai sebelum pekerjaan A dimulai juga.
- Finish to Finish (FF)
Suatu hubungan ketergantungan dimana pekerjaan B tidak dapat diselesaikan sebelum pekerjaan A selesai.
- Start to Finish (SF)
Suatu hubungan ketergantungan dimana pekerjaan B tidak dapat diselesaikan sebelum pekerjaan A dimulai.

Halaman Sengaja Dikosongkan

BAB III METODOLOGI

3.1 Tujuan Metodologi

Untuk mempermudah pelaksanaan dalam mengerjakan proyek akhir, dimana berguna untuk mendapatkan langkah dalam pemecahan masalah sesuai dengan maksud dan tujuan yang ingin dicapai. Sebelum memulai suatu pekerjaan, pertama yang harus dilakukan adalah persiapan. Persiapan dilakukan awal, dengan tujuan untuk mempermudah pelaksanaan pekerjaan selanjutnya.

Persiapan merupakan serangkaian pekerjaan yang meliputi :

- a. Mencari informasi mengenai tempat meminjam data untuk dijadikan bahan Proposal Tugas Akhir.
- b. Mencari data ke instansi / perusahaan yang terkait antara lain Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dan Pematuan Surabaya dan Jawa Timur, serta meminta ijin kepada instansi tersebut yang memiliki proyek untuk meminjam data guna dijadikan bahan Proposal Tugas Akhir.
- c. Membuat dan mengajukan berkas - berkas yang diperlukan untuk memperoleh data. Dalam hal ini yaitu proposal dan surat pengantar untuk pengajuan peminjaman data.
- d. Mengumpulkan data dan segala bentuk kegiatan / hasil survey yang sekiranya dapat mendukung dalam penyusunan laporan Tugas Akhir.
- e. Mempelajari semua data yang berkaitan dengan hal – hal yang menunjang isi Proposal Tugas Akhir.

3.2 Tahapan Metodologi

Tahapan metodologi merupakan suatu langkah – langkah yang akan dilakukan untuk mengerjakan Tugas Akhir ini. Pada tugas akhir ini, membahas mengenai Estimasi Waktu dan Biaya Pelaksanaan Pembangunan Underpass Pasuruan pada Proyek Jalan Tol Gempol-Pasuruan Ruas Grati Seksi 3A.

Tahapan – tahapan pada proyek akhir ini adalah sebagai berikut :

3.2.1 Rumusan Masalah

Berdasarkan ide dan gagasan yang didapat dari permasalahan proyek yang ada, maka dilakukan perhitungan waktu dan biaya untuk mengetahui estimasi waktu dan biaya pada Proyek Pembangunan Underpass Pasuruan pada proyek Jalan Tol Gempol-Pasuruan Ruas Grati Seksi 3A.

3.2.2 Pengumpulan Data

Sebelum dapat ditentukan variable yang akan digunakan dalam permodelan proyek akhir ini, maka diperlukan data-data. Data-data yang diperlukan untuk penyusunan laporan Proposal Tugas Akhir ini antara lain :

a. Gambar Kerja

Gambar kerja merupakan data utama yang diperlukan dalam suatu proyek. Dari gambar teknis, dapat diperoleh jumlah volume dan material apa saja yang dibutuhkan pada pembangunan proyek tersebut. Setelah mengetahui jumlah volume dan spesifikasi material, maka akan diperoleh jumlah biaya atau Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang diperlukan untuk pelaksanaan pekerjaan.

b. Spesifikasi Teknis

Spesifikasi teknis merupakan bagian penjabaran pada suatu pekerjaan proyek yang berkaitan dengan gambar perencanaan, penyimpangan suatu proyek. Menganalisa spesifikasi teknis sangat diperlukan untuk menjabarkan jenis – jenis pekerjaan yang akan dilakukan, agar pengerjaan di lapangan mudah untuk dilaksanakan.

c. Analisa Harga Satuan

Analisa Harga Satuan berfungsi sebagai pedoman awal perhitungan rencana anggaran biaya yang didalamnya terdapat angka yang akan menunjukkan jumlah material, tenaga dan biaya persatuan pekerjaan. Untuk mendapatkan daftar harga, baik bahan maupun upah dapat diperoleh melalui berbagai media antara lain :

- Daftar harga yang dikeluarkan oleh Pemerintah Daerah setempat.
- Daftar harga yang dikeluarkan oleh instansi tertentu.
- Jurnal – jurnal harga bahan dan upah.
- Bapenas
- Survey harga di lokasi proyek.

Setelah harga diperoleh, kemudian dilakukan analisa harga satuan pekerjaan yang dapat dilakukan dengan perhitungan ataupun dengan menggunakan buku Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, No.28/2013 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Pekerjaan Umum.

3.2.3 Pengolahan Data

Pada tahap mulai dilakukan perhitungan data yang diperlukan untuk merencanakan metode pelaksanaan. Tahap perhitungan adalah metode perhitungan dalam merencanakan proyek, baik berupa perhitungan volume, produktivitas, harga satuan, maupun perhitungan durasi proyek pekerjaan pembangunan *underpass*.

a. Penentuan Item Pekerjaan.

Item Pekerjaan dilakukan berdasarkan data dari proyek.

b. Perhitungan Volume Pekerjaan.

Perhitungan volume pekerjaan adalah bagian paling esensial dalam tahap perencanaan proyek konstruksi. Pengukuran kuantitas volume pekerjaan konstruksi merupakan suatu proses pengukuran atau perhitungan terhadap kuantitas item – item pekerjaan berdasarkan pada gambar atau aktualisasi pekerjaan di lapangan. Dengan mengetahui jumlah volume pekerjaan, maka akan diketahui berapa banyak biaya yang diperlukan dalam pelaksanaan proyek konstruksi tersebut. Perhitungan volume pada proyek akhir ini berdasarkan acuan dari gambar DED (*Detail Engineering Design*).

c. Penentuan Metode Pelaksanaan dan Alat Berat.

Metode pelaksanaan merupakan penjabaran tata cara dan teknik – teknik pelaksanaan pekerjaan yang diperoleh dari penyusunan jenis pekerjaan, agar didapatkan waktu yang efektif. Dari pembahasan ini juga bisa mengetahui kegiatan mana yang harus dikerjakan secara bersama – sama berdasarkan pada pustaka dan data proyek.

d. Perhitungan Produktivitas Pekerjaan.

Produktivitas pekerjaan adalah perhitungan jumlah durasi masing – masing item atau jenis pekerjaan dengan mengkombinasikan antara pekerja dan alat dengan tujuan mendapatkan durasi atau waktu yang efektif. Produktivitas suatu pekerjaan merupakan factor yang mempengaruhi kelancaran penyelesaian sebuah proyek konstruksi

e. Rencana Anggaran Biaya (RAB).

Perhitungan rencana anggaran biaya diperoleh dari perhitungan volume gambar teknis atau gambar perencanaan dan berdasarkan harga

satuan dasar atau harga asumsi secara teliti yang berhubungan dengan pelaksanaan proyek. Untuk mempermudah dalam mendapatkan biaya proyek, maka perlu dilakukan penjabaran jenis pekerjaan dari proyek pembangunan jalan ini.

f. Penyusunan *Network Planning*

Penyusunan *Network Planning* berfungsi untuk mengetahui lintasan kritis suatu proyek. Lintasan kritis menunjukkan bahwa pekerjaan atau kegiatan yang berada pada jalur tersebut tidak boleh terlambat saat memulainya dan saat penyelesaian akhir. Perlu penyusunan bertahap untuk memperoleh hasil *Network Planning* yang maksimal, sehingga dapat meminimalkan jalur lintasan kritis pada item – item pekerjaan proyek.

g. Penyusunan Kurva S.

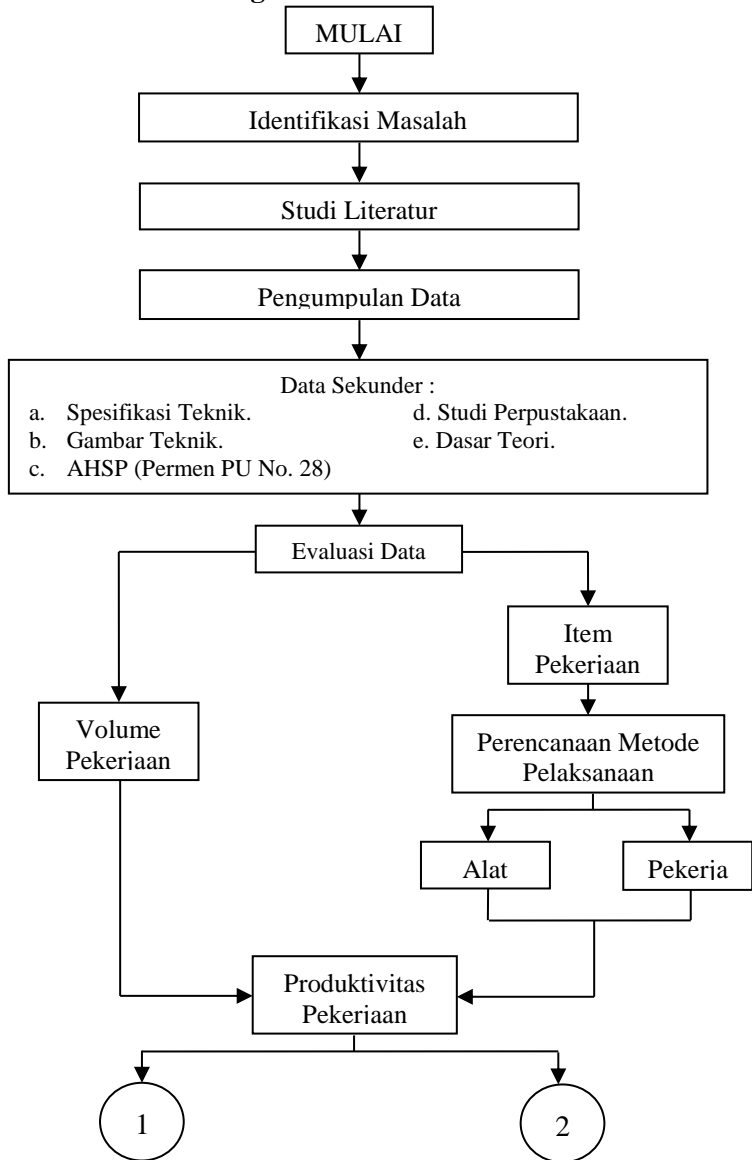
Setelah perhitungan anggaran biaya dan penyusunan *Network Planning*, maka dapat menghitung dan menyusun Kurva S. untuk mendapatkan hasil kurva S yang baik, perlu diperhatikan penjadwalan material atau bahan, tenaga kerja dan peralatan yang digunakan dalam proyek tersebut. Kurva S harus dikerjakan sebaik mungkin, agar bisa menentukan waktu penyelesaian proyek, menentukan besarnya biaya pelaksanaan proyek dan menentukan waktu kebutuhan material dan alat yang digunakan.

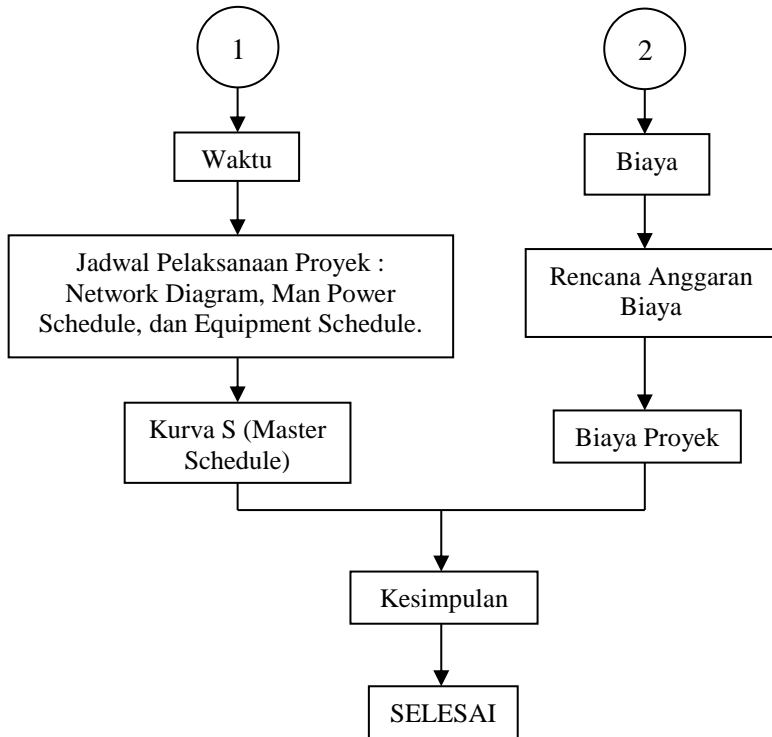
3.2.4 Hasil dan Kesimpulan

Setelah merencanakan metode pelaksanaan yang tepat dengan beberapa penjabaran yang telah dijabarkan, maka akan diperoleh kurvas S, penjadwalan material, penjadwalan tenaga kerja dan penjadwalan alat berat. Dari hasil tersebut dapat ditarik kesimpulan

yang baku dan jelas terhadap perencanaan estimasi waktu dan biaya dari proyek yang dikerjakan.

3.3 Flowchart Metodologi





Gambar 3. 1 Flowchart Metodologi

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Uraian Umum

Pelaksanakan sebuah proyek berarti penggabungan berbagai sumber daya untuk menghasilkan produk akhir yang diinginkan. Tugas seorang kepala proyek disini adalah menentukan jumlah yang tepat dari tiap – tiap sumber daya yang tersedia, kemudian menggunakannya dengan baik agar dapat digabungkan dengan cara yang paling efisien untuk menghasilkan proyek yang diinginkan.

Salah satu sumber daya terpenting yang harus tersedia pada saat melaksanakan kegiatan proyek adalah peralatan konstruksi (construction equipment). Berbagai jenis dan ukuran dari peralatan yang akan digunakan harus tersedia tentunya disesuaikan dengan kebutuhannya di lapangan.

Bila peralatan konstruksi dipilih secara tepat, digunakan secara efisien, serta dioperasikan dan dipelihara secara benar, maka akan memungkinkan kepala proyek untuk melaksanakan suatu proyek dengan waktu yang direncanakan dengan penggunaan biaya minimal. Pemilihan dan pengelolaan peralatan yang tidak benar akan menghasilkan pelaksanaan yang tidak efisien dan akhirnya mengakibatkan proyek menjadi mahal.

Tahapan untuk pekerjaan pembangunan jembatan meliputi pekerjaan persiapan , pekerjaan struktur bawah dan pekerjaan struktur atas.

4.1.1 Pekerjaan Persiapan

Sebelum melakukan pekerjaan , perlu adanya perencanaan persiapan pelaksanaan proyek. Hal ini dilakukan agar didapatkan hasil secara umum dan menyeluruh mengenai keadaan lapangan sebagai dasar penyusunan pekerjaan persiapan.

4.1.2 Pekerjaan Tanah

Pekerjaan Tanah yang dilakukan pada pembangunan jembatan yaitu berupa Galian Struktur. Galian Struktur harus dibatasi hanya pada galian untuk lantai pondasi beton jembatan atau tembok penahan tanah beton, gorong-gorong kotak (*box culvert*), tembok sayap (*wing wall*) dan struktur pemikul beban atau bangunan tol lainnya, kecuali yang tidak ditunjukkan dalam Spesifikasi ini. Pekerjaan galian ini mencakup pengurugan dan pemadatan kembali dengan material yang disetujui oleh Konsultan Pengawas, dan menggunakan material lebih dari daerah urugan.

4.1.3 Pekerjaan Struktur Bawah

Pada pembangunan jembatan pekerjaan struktur bawah meliputi pekerjaan Pemancangan, Lean Concrete (LC), Pilecap, Abutmen dan Wing Wall, Pekerjaan Pilar / Pier, dan Pekerjaan Pier Head.

4.1.4 Pekerjaan Struktur Atas

Pada pembangunan Underpass Pasuruan, Proyek Jalan Tol Gempol – Pasuruan Seksi 3A ini juga terdapat pekerjaan Struktur Atas yang pelaksanaannya dimulai dari Pemasangan Bearing Pad sampai Pekerjaan Pelat Lantai (Deck Slab).

4.2 Peralatan Konstruksi Pelaksanaan Proyek

Peralatan konstruksi adalah salah satu dari sumber daya yang harus disediakan bagi pelaksanaan proyek, selain pekerja, metode konstruksi, uang, dan material. Dalam menangani kegiatan konstruksi tertentu, diperlukan peralatan yang tertentu pula, sehingga tanpa alat – alat tersebut kegiatan yang bersangkutan tidak akan terselesaikan.

Dalam hal kegiatan – kegiatan tersebut, metode yang dipakai serta kombinasi sumber daya yang ada secara tepat,

tergantung dari beberapa faktor, faktor – faktor tersebut meliputi :

- a. Biaya relatif dari berbagai sumber daya yang tersedia
- b. Ketersediaan dari berbagai sumber daya
- c. Jenis kendala waktu dalam penyelesaian proyek

Faktor sosial yang mempengaruhi pemilihan sumber daya

Penting dicatat disini bahwa dalam merencanakan sebuah proyek untuk dilaksanakan, perencana harus memperhatikan juga jenis dan biaya relatif dari sumber daya yang tersedia dalam setiap tahap pelaksanaan proyek. Rencana – rencana yang menggunakan peralatan konstruksi yang mahal atau tidak tersedia harus dihindari.

4.3 Pemilihan Peralatan Konstruksi

Berbagai macam tipe peralatan konstruksi tersedia bagi para pengelola proyek untuk melaksanakan proyek. Dalam setiap tipe alat biasanya terdapat berbagai ukuran dan kapasitas yang dapat dipilih, sebagai contoh kapasitas truck dari 1 ton hingga 120 ton. Secara umum peralatan konstruksi adalah mahal, oleh karena itu diperlukan perhatian dan pertimbangan yang matang dalam memutuskan tipe dan ukuran alat yang akan digunakan. Kriteria terpenting dalam memilih tipe alat dan ukuran alat adalah biaya keseluruhan dari tiap satuan produksi yang diperoleh. Pilihan yang memberikan biaya satuan produksi terkecil kemungkinan adalah pilihan terbaik.

Terdapat faktor lain yang perlu diperhatikan sebelum keputusan akhir di buat, faktor – faktor tersebut meliputi :

- a. Kendala alat
- b. Kebututhan pelayanan
- c. Ketersediaan suku cadang
- d. Kemudahan pemeliharaan yang dapat dilakukan
- e. Kemampuan alat untuk digunakan dalam berbagai kondisi di lapangan

- f. Kemudahan untuk diangkut atau dipindahkan
- g. Prospek masa depan pekerjaan untuk alat
- h. Permintaan akan alat dan harga penjualannya kembali
- i. Tenggang waktu dalam penyerahan alat

Semua faktor diatas patut diperhatikan bersama – sama dengan faktor – faktor lain yang diketahui seperti harga, konsumsi bahan bakar (BBM) , tingkat produksi, dan sebagainya. Pada umumnya pemilihan alat konstruksi didasarkan informasi yang tepat dalam spesifikasi teknis yang diberikan oleh pabrik pembuatnya.

4.4 Metode Pelaksanaan Pekerjaan.

Pelaksanaan pekerjaan persiapan merupakan proses awal dari suatu pembangunan konstruksi. Seperti yang telah dibahas pada bab sebelumnya, pekerjaan persiapan ini meliputi item- item pekerjaan yang terkait dari proses keberhasilan pembangunan tersebut. Pekerjaan persiapan ini bertujuan untuk memperoleh gambaran keadaan secara umum dan menyeluruh mengenai detail keadaan lapangan.

4.4.1 Mobilisasi

Tahapan awal pelaksanaan pekerjaan dimulai dengan memobilisasi semua keperluan kegiatan konstruksi. Mobilisasi adalah suatu pekerjaan untuk mempersiapkan sumber daya yang ada, yang akan digunakan dilapangan, untuk mendukung kelancaran pelaksanaan proyek tersebut. Sumber daya yang harus dipersiapkan berupa pelatan, tenaga kerja dan material.

a. Tenaga Kerja

Sebelum melaksanakan pekerjaan, persiapan awal yang harus dilakukan dalam proyek adalah mempersiapkan tenaga kerja profesional yang diperlukan dalam melaksanakan pekerjaan di lapangan. Selain dari pekerja – pekerja dari

lapangan, dalam pelaksanaan juga harus mempersiapkan staf pengawas lapangan, baik dari proyek itu sendiri, konsultan, maupun pengawas dari owner.

Tabel 4. 1 Keperluan Tenaga Kerja

Keperluan Tenaga Kerja	
Mandor	Kepala Tukang Kayu
Pekerja Terampil	Tukang Kayu
Pekerja Tidak Terampil	Kepala Tukang Batu
Kepala Tukang Besi	Tukang Batu
Tukang Besi	Surveyor Lapangan

b. Mobilisasi Peralatan

Dalam pelaksanaan Pekerjaan penyediaan fasilitas – fasilitas yang berfungsi, dapat mendukung pelaksanaan dan kelancaran kegiatan proyek. Oleh karena itu berbagai macam alat berat dipergunakan sebagai salah satu fasilitas dalam pekerjaan yang dapat menunjang kelancaran dan terlaksananya kegiatan di lokasi proyek.

Alat – alat tersebut harus disesuaikan dengan jenis pekerjaan, kondisi lapangan, dan kemampuan pekerjaan yang mampu dilaksanakan. Alat berat perlu dikoordinasikan dengan cermat untuk mendapatkan efisiensi pekerjaan yang diharapkan.

c. Mobilisasi Material

Persiapan bahan dilaksanakan menurut jadwal kebutuhannya. Bahan – bahan yang akan digunakan disiapkan terlebih dahulu dan ditempatkan sesuai dengan tingkat ketahanannya terhadap cuaca. Bahan yang tidak tahan cuaca dapat diletakkan di dekat lokasi proyek berlangsung, asalkan tidak mengganggu jalannya kegiatan.

4.4.2 Pekerjaan Persiapan

a. Pembuatan Direksi Kit

- Panjang direksi keet = 6 m
- Lebar = 3,6 m
- Tinggi = 3 m
- Keliling direksi keet = $2 \times (p+1)$
 $= 2 \times (6m + 3,6m)$
 $= 19,2 \text{ m}$
- Luasan dinding = $2 \times ((p \times t) + (l \times t)) +$
 Luas Δ penutup lubang = $2 \times ((6 \times 3) + (3,6 \times 3))$
 $+ (2 \times \frac{3,6 \times 0,83}{2})$
 $= 57,6 \text{ m}^2 + 3 \text{ m}^2$
 $= 60,6 \text{ m}^2$
- Luasan atap = $2 \times (2 \times 6)$
 $= 24 \text{ m}^2$

Kebutuhan material yang digunakan dalam pembangunan direksi keet adalah sebagai berikut:

-Tiang vertical

(menggunakan kayu meranti 8/12)

Dimensi = 0,08 x 0,12 m

Panjang = 3 m

Jarak antar tiang = 1,2 m

Jumlah tiang = $\frac{\text{keliling direksi keet}}{\text{Jarak antar tiang}}$

$$= \frac{19,2 \text{ m}}{1,2 \text{ m}}$$

= 16 tiang

- Tiang horizontal

(menggunakan kayu meranti 8/12)

Dimensi = 0,08 x 0,12 m

Panjang = 4 m

Jumlah = 16 tiang

- Kuda kuda ukuran kecil

(menggunakan kayu meranti 8/12)

Dimensi = 0,08 x 0,12 m

Panjang	= (2 m + 0,83 m + 2m)
	= 4,83 m \approx 5m
Jumlah	= 3 buah
- Gording	
(menggunakan kayu meranti kaso 5/7)	
Dimensi	= 0,05 x 0,07m
Panjang	= 6 m
Jumlah	= 6 buah
- Plywood	
Dimensi	= 1,2 m x 2,4 m
Jumlah	= $\frac{\text{Luasan direksi keet}}{\text{Luas penutup}}$
	= 22 lembar
- Atap seng	
Dimensi	= 0,8 x 1,5 m
Jumlah	= $\frac{\text{Luasan atap}}{\text{Luas seng}}$
	= $\frac{24 \text{ m}^2}{0,8 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}}$
	= 20 lembar

1. Perhitungan Volume

Berikut adalah perhitungan volume untuk pekerjaan pembangunan direksi keet

- Volume tiang vertical = (0,08 x 0,12 m) x 3m x 16 tiang
= 0,461 m³
- Volume tiang horizontal
= (0,08 x 0,12 m) x 4m x 16 tiang
= 0,614 m³
- Volume kuda kuda ukuran kecil
= (0,08 m x 0,12 m) x 5 m x 3 buah
= 0,144 m³
- Volume gording
= (0,05 m x 0,07 m) x 6 m x 6 buah
= 0,126 m³

- Volume dinding penutup
= 22 lembar
- Volume penutup atap
= 20 lembar

2. Kebutuhan Paku

Keperluan banyaknya paku yang dibutuhkan untuk konstruksi kayu dapat dihitung sebagai berikut:

- Tiang vertikal tiap 2,36 m³
= 0 kg
- Balok pendukung atau tiang horizontal tiap 2,36 m²
= Volume tiang horizontal/ 2,36 m² x (4,55 kg + 11,36 kg)/ 2
= 0,614 m³/2,36 m³ x (4,55 kg + 11,36 kg)/2
= 0,26 x 7,95 kg
= 2,07 kg
- Pemasangan kuda-kuda dan gording tiap 2,36 m³
= Volume kuda-kuda+gording/2,36 m³ x (3,64 kg +6,82 kg)/2
= 0,27 x 5,23 kg
= 1,41 kg

b. Mobilisasi dan Demobilisasi

Pekerjaan mobilisasi dan demobilisasi alat berat merupakan sebuah pekerjaan awal pada sebuah proyek, beberapa alat berat yang berfungsi sebagai alat bantu dalam berjalannya sebuah proyek dibawa masuk kedalam lokasi proyek. Waktu yang dibutuhkan dalam proses mobilisasi dan demobilisasi ini diasumsikan selama 7 hari.

c. Pembersihan Lapangan

Pekerjaan pembersihan lapangan (Site Clearing) ini bertujuan untuk membersihkan lokasi proyek dari benda – benda atau pepohonan yang mengganggu jalannya proses pelaksanaan konstruksi. Pembersihan ini meliputi seluruh area yang digunakan untuk melakukan aktivitas kegiatan. Langkah – langkah yang dilakukan dalam pembersihan lapangan ini antara lain :

- Melihat lokasi yang akan digunakan untuk melakukan pembangunan Jembatan (Underpass) Pasuruan.
- Semua tanaman, semak-semak dan pohon-pohon di bersihkan sampai ke akar-akarnya. Lapisan kupasan yang perlu dibersihkan dan dikupas setebal 50 cm. Bekas-bekas hasil kupasan, rumput, tanaman, semaksemak, pohon-pohon, lumpur, dibuang dan diangkut ke luar area proyek.
- Pengupasan Lapisan tanah ini dilakukan menjadi 2 segmen dengan lebar bucket bulldozer 2 meter.
- Perhitungan Volume Clearing Area

Tabel 4. 2 Perhitungan Volume Clearing Area

NO	Uraian	Unit	Satuan
1.	Panjang	525	m
2.	Lebar	31,4	m
3.	Tebal	0,2	m
	Volume	3297	m ³

1. Kapasitas produksi pembersihan area

- Perhitungan Bulldozer

Pada pekerjaan site clearing disini terdapat 2 bagian yaitu pertama dengan menggunakan bulldozer untuk pembuangan tanah humus, pohon – pohon dan akarnya yang tertanam di tanah, serta bangunan beton lama.

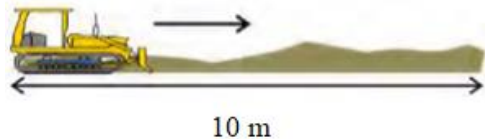
Diketahui :

VF = 1,50 km/jam

VR = 2,50 km/jam

Perhitungan Cycle Time Bulldozer:

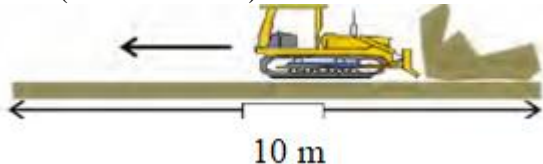
- T1 (Waktu Gusur)



Jarak efektif bulldozer untuk menggosur adalah 10 m

$$\begin{aligned} \text{V. T Maju} &= \frac{J \times 60}{VF \times 1000} = \frac{10 \times 60}{1,50 \times 1000} \\ &= 0,4 \text{ menit} \end{aligned}$$

- T2 (Waktu Mundur)



Jarak efektif bulldozer untuk mundur adalah 10 m

$$\begin{aligned} \text{V. T Mundur} &= \frac{J \times 60}{VR \times 1000} = \frac{10 \times 60}{2,50 \times 1000} \\ &= 0,24 \text{ menit} \end{aligned}$$

- T3 (Fixed Time/Pindah Transmisi)
Diasumsikan waktu yang dibutuhkan untuk pindah transmisi untuk tongkat tunggal adalah 0,10 menit.

Jadi Perhitungan Cycle Time (CT) adalah

$$\begin{aligned} \text{CT} &= T1 + T2 + T3 \\ &= 0,4 + 0,24 + 0,10 \\ &= 0,74 \text{ menit} \end{aligned}$$

Kapasitas Produksi Buldozer (q)

- Peralatan : Bulldozer
- Jenis Alat : Caterpillar D6D
- Jenis Material : Tanaman & Pohonan
- **Perkerjaan : (Clearing & Grubbing)**

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{Jarak Kerja Dozing (D)} &= 10 \text{ m} \\ \text{Lebar Blade (L)} &= 3,66 \text{ m} \\ \text{Faktor Koreksi (E)} &= 0,32 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Produksi} &= (D \times L \times 60 \times E) : \text{CT} \\ &= (10 \times 3,66 \times 60 \times 0,32) : 0,74 \\ &= 949,62 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Koefisien Alat

$$\begin{aligned} \text{Koefisien Alat} &= 1 : Q \text{ Buldozer} \\ &= 1 : 949,62 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,001 \end{aligned}$$

Kapasitas Produksi Buldozer (q)

- Peralatan : Bulldozer
- Jenis Alat : Caterpillar D6D

- Jenis Material : Tanah Biasa
- **Perkerjaan : Stripping**

Diketahui :

Produksi Persiklus (q) : 4,72 m³

Efisiensi Kerja (E) : 0,75

Waktu Siklus (Cm) : 3,10

Kapasitas Produksi (BCM)

= (q x 60 x E) : Cm

= (4,72 x 60 x 0,75) : 3,10

= 68,52 BCM/jam

Kapasitas Produksi (LCM)

= (KP BCM) x 1,2

= 68,52 x 1,2

= 82,22 LCM/Jam

Koefisien Alat

Koefisien Alat = 1 : Q Buldozer

= 1 : 82,22 LCM/jam

= 0,012

Kapasitas Produksi Buldozer (q)

- Peralatan : Bulldozer

- Jenis Alat : Caterpillar D6D

- Jenis Material : Tanah Biasa

- **Perkerjaan : Spreading**

Diketahui :

Produksi Persiklus (q) : 5,02 m³

Efisiensi Kerja (E) : 0,75

Waktu Siklus (Cm) : 2,60 menit

$$\begin{aligned}
 &\text{Kapasitas Produksi (BCM)} \\
 &= (q \times 60 \times E) / C_m \\
 &= (5,02 \times 60 \times 0,75) / 2,60 \\
 &= 86,88 \text{ BCM/Jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Kapasitas Produksi (LCM)} \\
 &= (KP \text{ BCM}) \times 1,2 \\
 &= (86,88) \times 1,2 \\
 &= 104,25 \text{ LCM/Jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Koefisien Alat} \\
 &\text{Koefisien Alat} = 1 : Q \text{ Buldozer} \\
 &= 1 : 104,25 \text{ LCM/jam} \\
 &= 0,009
 \end{aligned}$$

Kapasitas Produksi Buldozer (q)

- Peralatan : Bulldozer
- Jenis Alat : Caterpillar D6D
- Jenis Material : Tanah Berbatu
- **Perkerjaan : Dozing**

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 &\text{Produksi Persiklus (q)} && : 4,72 \text{ m}^3 \\
 &\text{Efisiensi Kerja (E)} && : 0,50 \\
 &\text{Waktu Siklus (C_m)} && : 1,85 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Kapasitas Produksi (LCM)} \\
 &= (q \times 60 \times E) / C_m \\
 &= (4,72 \times 60 \times 0,50) / 1,85 \\
 &= 76,54 \text{ LCM/Jam}
 \end{aligned}$$

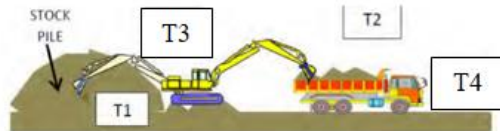
$$\begin{aligned}
 &\text{Koefisien Alat} \\
 &\text{Koefisien Alat} = 1 : Q \text{ Buldozer} \\
 &= 1 : 76,54 \text{ LCM/jam} \\
 &= 0,013
 \end{aligned}$$

- Perhitungan Excavator

Dalam proses clearing / pembersihan, juga diperlukan alat berat excavator untuk membuang hasil tanah galian keluar proyek.

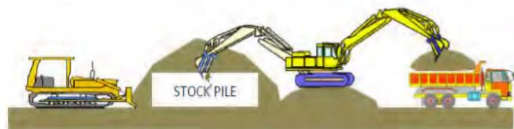
Perhitungan Cycle Time Excavator

- Waktu Galian (T1) = 14 detik
(asumsi lapangan)
- Waktu Swing Load (T2) = 10 detik
(asumsi lapangan)
- Waktu Swing Empty (T3) = 7 detik
(asumsi lapangan)
- Waktu Buang (T4) = 9 detik
(asumsi lapangan)



Dari Keterangan gambar diatas maka perhitungan Cycle Time adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 CT &= T1 + T2 + T3 + T4 \\
 &= 14 + 10 + 7 + 9 \\
 &= 40 \text{ detik} \\
 &= 0,6 \text{ menit}
 \end{aligned}$$



Gambar skenario Pemindahan tanah dari stockpile ke dump truck dengan menggunakan excavator

Kapasitas Produksi Excavator

- Peralatan : Excavator 0,9 m³
- Jenis Alat : PC 200-6
- Jenis Material : Tanah Biasa
- **Perkerjaan : Gali + Loading DT**

Diketahui :

Produksi Per Cycle (kb') = 0,77 m³

Faktor Efisiensi Kerja (E) = 0,80

Faktor Siklus Waktu Total (Cm) = 40detik

Faktor Swell Material = 1,2

Produktifitas (Q) (LCM)

= Kb' x 3600 x E / Cm

= 0,77 x 3600 x 0,80 / 40

= 55,44 LCM/jam

Kapasitas Produksi (BCM)

= (KP LCM) x 1,2

= (55,44) x 1,2

= 66,53 BCM/Jam

Koefisien Alat

Koefisien Alat = 1 : Q Backhoe

= 1 : 66,53 BCM/jam

= 0,015

Kapasitas Produksi Excavator

Peralatan : Excavator 0,9 m³

Jenis Alat : PC 200-6

Jenis Material : Tanah Biasa

Perkerjaan : Opname + Loading DT

Diketahui :

Produksi Per Cycle (kb') = 0,63 m³

Faktor Efisiensi Kerja (E) = 0,80
 Faktor Siklus Waktu Total (Cm)
 = 39 detik
 Faktor Swell Material = 1,15

Produktifitas (Q) (LCM)
 = $Kb' \times 3600 \times E / Cm$
 = $0,63 \times 3600 \times 0,80/39$
 = 46,52 LCM/jam

Kapasitas Produksi (BCM)
 = (KP LCM) x 1,15
 = (46,52) x 1,15
 = 53,50 BCM/Jam

Koefisien Alat
 Koefisien Alat = 1 : Q Backhoe
 = 1 : 53,50 BCM/jam
 = 0,019

Kapasitas Produksi Excavator

- Peralatan : Excavator 0,9 m3
 - Jenis Alat : PC 200-6
 - Jenis Material : Tanah Biasa
 - **Perkerjaan : Galian selokan,
 Drainase dan saluran
 air**

Diketahui :
 Produksi Per Cycle (kb') = 0,68 m3
 Faktor Efisiensi Kerja (E) = 0,75
 Faktor Siklus Waktu Total = 44 detik
 Faktor Swell Material = 1,20

$$\begin{aligned}
 & \text{Produktifitas (Q) (LCM)} \\
 & = K_b' \times 3600 \times E / C_m \\
 & = 0,68 \times 3600 \times 0,75/44 \\
 & = 41,73 \text{ LCM/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Kapasitas Produksi (BCM)} \\
 & = (K_P \text{ LCM }) \times 1,20 \\
 & = (41,73) \times 1,20 \\
 & = 50,08 \text{ BCM/Jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Koefisien Alat} \\
 & \text{Koefisien Alat} = 1 : Q \text{ Backhoe} \\
 & = 1 : 50,08 \text{ BCM/jam} \\
 & = 0,020
 \end{aligned}$$

Kapasitas Produksi Excavator

- Peralatan : Excavator 0,9 m3
- Jenis Alat : PC 200-6
- Jenis Material : Tanah + Batu Boulder
- **Perkerjaan : Galian**

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 & \text{Produksi Per Cycle (kb')} = 0,59 \text{ m}^3 \\
 & \text{Faktor Efisiensi Kerja (E)} = 0,50 \\
 & \text{Faktor Siklus Waktu Total} = 45 \text{ detik} \\
 & \text{Faktor Swell Material} = 1,35
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Produktifitas (Q) (LCM)} \\
 & = K_b' \times 3600 \times E / C_m \\
 & = 0,59 \times 3600 \times 0,50 / 45 \\
 & = 23,6 \text{ LCM/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Kapasitas Produksi (BCM)} \\
 & = (K_P \text{ LCM }) \times 1,35 \\
 & = (23,6) \times 1,35 \\
 & = 31,86 \text{ BCM/Jam}
 \end{aligned}$$

Koefisien Alat

$$\begin{aligned} \text{Koefisien Alat} &= 1 : Q \text{ Backhoe} \\ &= 1 : 31,86 \text{ BCM/jam} \\ &= 0,031 \end{aligned}$$

- Perhitungan Dump Truck

Pemakaian alat dump truck ini adalah untuk transportasi pembuangan material tanah dasar keluar lokasi proyek. Pemilihan alat ini sangat efisien untuk pembuangan tanah dengan jarak yang relatif jauh.

Perhitungan Cycle Time Dump Truck

- Kapasitas Bucket Excavator = 0,90 m³
- Kapasitas dump truck = 8 m³
- Kecepatan bermuatan (VF) = 25 km/jam
- Kecepatan kosong (VR) = 40 km/jam
- Cycle Time Excavator = 0,6 menit

- T1 (Waktu pengambilan posisi dimuati)

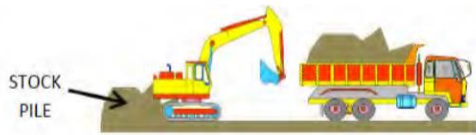


T1 = 2 menit (Asumsi)

- T2 (Waktu pengisian oleh Backhoe)

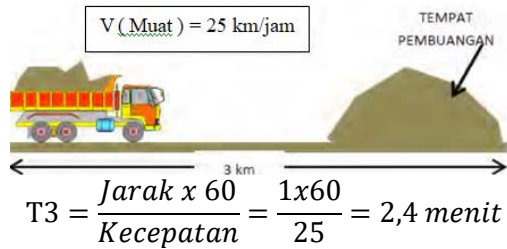
Jumlah Pemuatan excavator ke dump truck

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Kapasitas Dump Truck}}{\text{Kapasitas Excavator}} \\ &= \frac{8}{0,90} \\ &= 8,89 \approx 9 \text{ Kali} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 T2 &= \text{Jumlah pemuatan} \times \text{CT excavator} \\
 &= 9 \times 0,6 \text{ menit} \\
 &= 5,4 \text{ menit / truck (Loading Time)}
 \end{aligned}$$

- T3 (Waktu tempuh bermuatan)



- T4 (Waktu Penumpahan)



$$T4 = 3 \text{ menit (Asumsi)}$$

- T5(Waktu Kosong)



$$T5 = \frac{\text{Jarak} \times 60}{\text{Kecepatan}} = \frac{1 \times 60}{40} = 1,5 \text{ menit}$$

Jadi Perhitungan Cycle Time (CT) adalah :

$$\begin{aligned} \text{CT} &= T1 + T2 + T3 + T4 + T5 \\ &= 2 + 5,4 + 2,4 + 3 + 1,5 \\ &= 14,3 \approx 14 \text{ menit} \end{aligned}$$

Perhitungan Kapasitas Produksi Dump Truck

$$\begin{aligned} q &= \text{kapasitas bucket} \times \text{faktor bucket} \\ &= 0,9 \text{ m}^3 \times 0,9 \\ &= 0,81 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Kebutuhan Dump Truck (n) :

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{CT Dump Truck}}{\text{Loading Time}} + 1 \\ &= \frac{14 \text{ menit}}{5,4 \text{ menit}} + 1 \\ &= 3,59 \approx 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Produksi Dump Truck :

$$\begin{aligned} &= n \times q \times \frac{60}{\text{CT}} \times E \\ &= 4 \times 0,81 \times \frac{60}{14} \times 0,85 \\ &= 11,80 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Perhitungan Koefisien Dump Truck

$$\begin{aligned} \text{Koefisien Alat} &= 1 : Q \text{ Dump Truck} \\ &= 1 : 11,80 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,085 \end{aligned}$$

Rekapitulasi Peralatan

Rekapitulasi peralatan ditentukan oleh Buldozer

$$\text{Bulldozer} = 76,54 \text{ m}^3/\text{jam} = \frac{76,54}{76,54} = 1 \text{ Unit}$$

$$\text{Excavator} = 31,86 \text{ m}^3/\text{jam} = \frac{76,54}{31,86} = 2,40 \approx$$

2 Unit

$$\text{Dump Truck} = 11,80 \text{ m}^3/\text{jam} = \frac{76,54}{11,80} = 6,48$$

≈ 6 Unit

Rencana produksi per hari :

= Produksi alat yang menentukan x Jam kerja x Jumlah alat

$$= 76,54 \text{ m}^3/\text{jam} \times 8 \text{ jam} \times 1$$

$$= 612,32 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Rencana waktu penyelesaian :

$$= \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Rencana Produksi/Hari}}$$

$$= \frac{3297}{612,32} = 5,38$$

5,38 hari , Dibulatkan menjadi 5 hari

Jadi total waktu clearing area adalah 5 hari

4.4.3 Pekerjaan Tanah

Pada pekerjaan tanah ini yang dilakukan yaitu, penggalian pada tiap – tiap segmen pekerjaan. Yang mana hasil dari galian tersebut akan dipancang dengan menggunakan diesel hammer untuk mendapatkan area pekerjaan yang rata dan bagus. Pekerjaan durasi galian akan dijelaskan sebagai berikut:

a. Pekerjaan Galian Struktural

*Tabel 4. 3 Volume Galian Pilar Dan Abutments
(Kiri).*

NO.	Uraian	Ukuran PxLxT (m)	Volume (m ³)
1	A1	12,50 x 6 x 1,48	111
2	P1	7,5 x 7,5 x 2	112,5
3	P2	7,5 x 7,5 x 1,98	111,3
4	P3	7,50 x 7,50 x 1,50	84,4
5	P4	7,50 x 7,50 x 1,50	84,4
6	P5	7,50 x 7,50 x 1,50	84,4
7	P6	7,50 x 7,50 x 2,10	118,1
8	P7	7,50 x 7,50 x 2,10	118,1
9	P8	7,50 x 7,50 x 2,12	119,2
10	P9	7,50 x 7,50 x 2,10	118,1
11	P10	7,50 x 7,50 x 2,10	118,1
12	P11	7,50 x 7,50 x 2,10	118,1
13	A2	12,50 x 2,50x1,48	46,25

Maka volume total Galian Pilar dan Abutment bagian kiri adalah : **1343,95 m³**

Tabel 4. 4 Volume Galian Pilar Dan Abutments (Kanan)

NO	Uraian	Ukuran PxLxT (m)	Volume (m ³)
1	A1	12,50 x 6 x 1,48	111
2	P1	7,50 x 7,50 x 2	112,5
3	P2	7,50 x 7,50 x 1,98	111,3
4	P3	7,50 x 7,50 x 1,50	84,4
5	P4	7,50 x 7,50 x 1,50	84,4
6	P5	7,50 x 7,50 x 1,50	84,4
7	P6	7,50 x 7,50 x 2,10	118,1
8	P7	7,50 x 7,50 x 2,10	118,1
9	P8	7,50 x 7,50 x 2,12	119,2

10	P9	7,50 x 7,50 x 2,10	118,1
11	P10	7,50 x 7,50 x 2,10	118,1
12	P11	7,50 x 7,50 x 2,10	118,1
13	A2	12,50 x 2,50x1,48	46,25

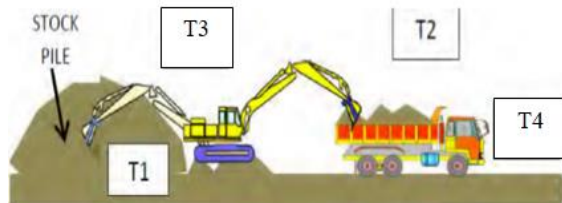
Maka volume total Galian Pilar dan Abutment bagian kanan adalah : 1343,95 m³

Jadi Total Volume Galian Pilar dan Abutment bagian Kanan dan Kiri pada Underpass Pasuruan adalah 2687,9 m³.

- Perhitungan Excavator

Perhitungan Cycle Time Excavator

- Waktu Galian (T1) = 14 detik
(asumsi lapangan)
- Waktu Swing Load (T2) = 10 detik
(asumsi lapangan)
- Waktu Swing Empty (T3) = 7 detik
(asumsi lapangan)
- Waktu Buang (T4) = 9 detik
(asumsi lapangan)



Dari Keterangan gambar diatas maka perhitungan Cycle Time adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 CT &= T1 + T2 + T3 + T4 \\
 &= 14 + 10 + 7 + 9 \\
 &= 40 \text{ detik} \\
 &= 0,6 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Kapasitas Produksi Excavator

- Peralatan : Excavator 0,9 m³
- Jenis Alat : PC 200-6
- Jenis Material : Tanah Biasa
- **Perkerjaan : Gali + Loading DT**

Diketahui :

Produksi Per Cycle (kb') = 0,77 m³

Faktor Efisiensi Kerja (E) = 0,80

Faktor Siklus Waktu Total = 40 detik

Faktor Swell Material = 1,2

Produktifitas (Q) (LCM)

= Kb' x 3600 x E / Cm

= 0,77 x 3600 x 0,80/40

= 55,44 LCM/jam

Kapasitas Produksi (BCM)

= (KP LCM) x 1,2

= (55,44) x 1,2

= 66,53 BCM/Jam

Koefisien Alat

Koefisien Alat

= 1 : Q Backhoe

= 1 : 66,53 BCM/jam

= 0,015

- Perhitungan Dump Truck

Pemakaian alat dump truck ini adalah untuk transportasi pembuangan material tanah dasar keluar lokasi proyek. Pemilihan alat ini sangat efisien untuk pembuangan tanah dengan jarak yang relatif jauh.

Perhitungan Cycle Time Dump Truck

- Kapasitas Bucket Excavator = 0,90 m³

- Kapasitas dump truck = 8 m³
- Kecepatan bermuatan (VF) = 25 km/jam
- Kecepatan kosong (VR) = 40 km/jam
- Cycle Time excavator = 0,6 menit

- T1 (Waktu pengambilan posisi dimuati)



$$T1 = 2 \text{ menit (Asumsi)}$$

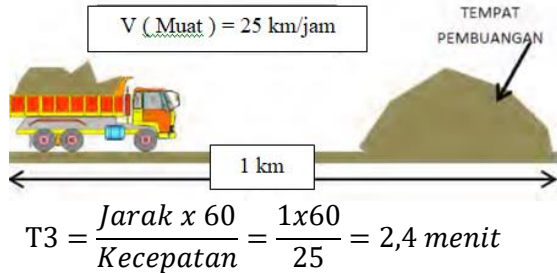
- T2 (Waktu pengisian oleh Backhoe)
- Jumlah Pemuatan Excavator ke Dump Truck

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Kapasitas Dump Truk}}{\text{Kapasitas Excavator}} \\
 &= \frac{8}{0,90} \\
 &= 8,89 \approx 9 \text{ Kali}
 \end{aligned}$$

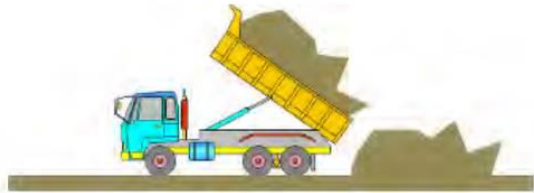


$$\begin{aligned}
 T2 &= \text{Jumlah pemuatan} \times \text{CT excavator} \\
 &= 9 \times 0,6 \text{ menit} \\
 &= 5,4 \text{ menit / truck (Loading Time)}
 \end{aligned}$$

- T3 (Waktu tempuh bermuatan)

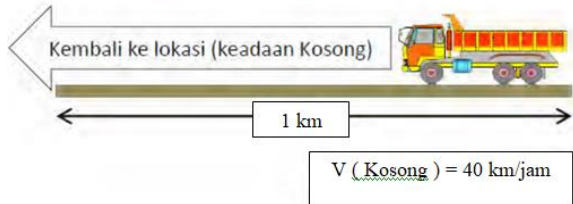


- T4 (Waktu Penumpahan)



T4 = 3 menit (Asumsi)

- T5(Waktu Kosong)



$$T5 = \frac{\text{Jarak} \times 60}{\text{Kecepatan}} = \frac{1 \times 60}{40} = 1,5 \text{ menit}$$

Jadi Perhitungan Cycle Time (CT) adalah :

$$\begin{aligned} \text{CT} &= T1 + T2 + T3 + T4 + T5 \\ &= 2 + 5,4 + 2,4 + 3 + 1,5 \\ &= 14,3 \approx 14 \text{ menit} \end{aligned}$$

Perhitungan Kapasitas Produksi Dump Truck

$$\begin{aligned} q &= \text{kapasitas bucket} \times \text{faktor bucket} \\ &= 0,9 \text{ m}^3 \times 0,9 \\ &= 0,81 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Kebutuhan Dump Truck (n) :

$$\begin{aligned} &= \frac{CT \text{ Dump Truck}}{Loading \text{ Time}} + 1 \\ &= \frac{14 \text{ menit}}{5,4 \text{ menit}} + 1 \\ &= 3,59 \approx 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Produksi Dump Truck :

$$\begin{aligned} &= n \times q \times \frac{60}{CT} \times E \\ &= 4 \times 0,81 \times \frac{60}{14} \times 0,85 \\ &= 11,80 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Perhitungan Koefisien Dump Truck

$$\begin{aligned} \text{Koefisien Alat} &= 1 : Q \text{ Dump Truck} \\ &= 1 : 11,80 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,085 \end{aligned}$$

Rekapitulasi Peralatan

Rekapitulasi peralatan ditentukan oleh Excavator

$$\begin{aligned} \text{Excavator} &= 55,44 \text{ m}^3/\text{jam} = \frac{55,44}{55,44} = 1 \\ &\approx 1 \text{ Unit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dump Truck} &= 11,80 \text{ m}^3/\text{jam} = \frac{55,44}{11,80} = 4,7 \\ &\approx 5 \text{ Unit} \end{aligned}$$

Rencana produksi per hari :
 = Produksi alat yang menentukan x Jam kerja x Jumlah alat
 = 55,44 m³/jam x 8 jam x 1
 = 443,52 m³/hari

Rencana Waktu Penyelesaian

$$= \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Rencana Produksi/hari}}$$

$$= \frac{2687,9}{443,52} = 6,06$$
 = 6,06 dibulatkan menjadi 6 hari

Jadi total waktu Penggalan adalah 6 hari.

b. Pekerjaan Timbunan Struktur

Pada pembangunan jembatan ini terdapat timbunan struktural yang mana tanah urug tersebut akan dituang ke ruang kosong pada abutment dan pilar.

Tabel 4. 5 Volume Timbunan Struktur Pilar Dan Abutments (Kiri).

NO.	Uraian	Ukuran PxLxT (m)	Volume (m ³)
1	A1	12,50 x 6 x 1,48	111
2	P1	7,5 x 7,5 x 2	112,5
3	P2	7,5 x 7,5 x 1,98	111,3
4	P3	7,50 x 7,50 x 1,50	84,4
5	P4	7,50 x 7,50 x 1,50	84,4
6	P5	7,50 x 7,50 x 1,50	84,4
7	P6	7,50 x 7,50 x 2,10	118,1
8	P7	7,50 x 7,50 x 2,10	118,1
9	P8	7,50 x 7,50 x 2,12	119,2
10	P9	7,50 x 7,50 x 2,10	118,1
11	P10	7,50 x 7,50 x 2,10	118,1

12	P11	7,50 x 7,50 x 2,10	118,1
13	A2	12,50 x 2,50x1,48	46,25

Maka volume total Timbunan Struktur Pilar dan Abutment bagian kiri adalah : **1343,95 m³**

Tabel 4. 6 Volume Timbunan Struktur Pilar Dan Abutments (Kanan).

NO	Uraian	Ukuran PxLxT (m)	Volume (m ³)
1	A1	12,50 x 6 x 1,48	111
2	P1	7,50 x 7,50 x 2	112,5
3	P2	7,50 x 7,50 x 1,98	111,3
4	P3	7,50 x 7,50 x 1,50	84,4
5	P4	7,50 x 7,50 x 1,50	84,4
6	P5	7,50 x 7,50 x 1,50	84,4
7	P6	7,50 x 7,50 x 2,10	118,1
8	P7	7,50 x 7,50 x 2,10	118,1
9	P8	7,50 x 7,50 x 2,12	119,2
10	P9	7,50 x 7,50 x 2,10	118,1
11	P10	7,50 x 7,50 x 2,10	118,1
12	P11	7,50 x 7,50 x 2,10	118,1
13	A2	12,50 x 2,50x1,48	46,25

Maka volume total Timbunan Struktur Pilar dan Abutment bagian kanan adalah : 1343,95 m³

Jadi Total Volume Timbunan Struktur Pilar dan Abutment bagian Kanan dan Kiri pada Underpass Pasuruan adalah 2687,9 m³.

- Perhitungan Excavator

Perhitungan Cycle Time Excavator

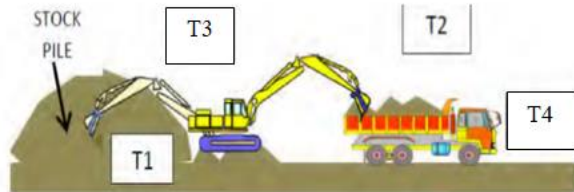
- Waktu Galian (T1) = 14 detik

(asumsi lapangan)

- Waktu Swing Load (T2) = 10 detik

(asumsi lapangan)

- Waktu Swing Empty (T3) = 7 detik
(asumsi lapangan)
- Waktu Buang (T4) = 9 detik
(asumsi lapangan)



Dari Keterangan gambar diatas maka perhitungan Cycle Time adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 CT &= T1 + T2 + T3 + T4 \\
 &= 14 + 10 + 7 + 9 \\
 &= 40 \text{ detik} \\
 &= 0,6 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Kapasitas Produksi Excavator

- Peralatan : Excavator 0,9 m³
- Jenis Alat : PC 200-6
- Jenis Material : Tanah Biasa
- **Perkerjaan : Gali + Loading DT**

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 \text{Produksi Per Cycle (kb')} &= 0,77 \text{ m}^3 \\
 \text{Faktor Efisiensi Kerja (E)} &= 0,80 \\
 \text{Faktor Siklus Waktu Total (Cm)} &= 40 \text{ detik} \\
 \text{Faktor Swell Material} &= 1,2
 \end{aligned}$$

Produktifitas (Q) (LCM)

$$\begin{aligned}
 &= Kb' \times 3600 \times E / Cm \\
 &= 0,77 \times 3600 \times 0,80 / 40 \\
 &= 55,44 \text{ LCM/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Kapasitas Produksi (BCM)} \\
 &= (\text{KP LCM}) \times 1,2 \\
 &= (55,44) \times 1,2 \\
 &= 66,53 \text{ BCM/Jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Koefisien Alat} \\
 &\text{Koefisien Alat} = 1 : \text{Q Backhoe} \\
 &= 1 : 55,44 \text{ BCM/jam} \\
 &= 0,018
 \end{aligned}$$

- Perhitungan Dump Truck

Pemakaian alat dump truck ini adalah untuk transportasi pembuangan material tanah dasar keluar lokasi proyek. Pemilihan alat ini sangat efisien untuk pembuangan tanah dengan jarak yang relatif jauh.

Perhitungan Cycle Time Dump Truck

- Kapasitas Bucket Excavator = 0,90 m³
- Kapasitas dump truck = 8 m³
- Kecepatan bermuatan (VF) = 25 km/jam
- Kecepatan kosong (VR) = 40 km/jam
- Cycle Time excavator = 0,6 menit

- T1 (Waktu pengambilan posisi dimuati)



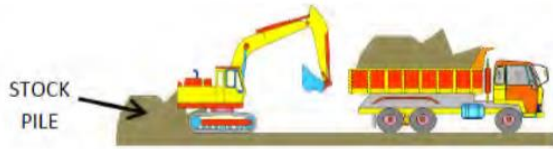
T1 = 2 menit (Asumsi)

- T2 (Waktu pengisian oleh Backhoe)
 Jumlah Pemuatan excavator ke dump truck

$$= \frac{\text{Kapasitas Dump Truk}}{\text{Kapasitas Excavator}}$$

$$= \frac{8}{0,90}$$

$$= 8,89 \approx 9 \text{ Kali}$$

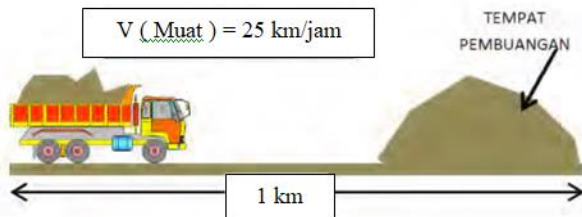


$$T2 = \text{Jumlah pemuatan} \times \text{CT excavator}$$

$$= 9 \times 0,6 \text{ menit}$$

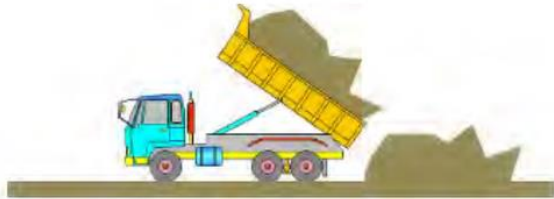
$$= 5,4 \text{ menit / truck (Loading Time)}$$

- T3 (Waktu tempuh bermuatan)



$$T3 = \frac{\text{Jarak} \times 60}{\text{Kecepatan}} = \frac{1 \times 60}{25} = 2,4 \text{ menit}$$

- T4 (Waktu Penumpahan)



T4 = 3 menit (Asumsi)

- T5(Waktu Kosong)



$$T5 = \frac{\text{Jarak} \times 60}{\text{Kecepatan}} = \frac{1 \times 60}{40} = 1,5 \text{ menit}$$

Jadi Perhitungan Cycle Time (CT) adalah :

$$\begin{aligned} CT &= T1 + T2 + T3 + T4 + T5 \\ &= 2 + 5,4 + 2,4 + 3 + 1,5 \\ &= 14,3 \approx 14 \text{ menit} \end{aligned}$$

Perhitungan Kapasitas Produksi Dump Truck

$$\begin{aligned} q &= \text{kapasitas bucket} \times \text{faktor bucket} \\ &= 0,9 \text{ m}^3 \times 0,9 \\ &= 0,81 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Kebutuhan Dump Truck (n) :} \\
 & = \frac{CT \text{ Dump Truck}}{\text{Loading Time}} + 1 \\
 & = \frac{14 \text{ menit}}{5,4 \text{ menit}} + 1 \\
 & = 3,59 \approx 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Produksi Dump Truck :} \\
 & = n \times q \times \frac{60}{CT} \times E \\
 & = 4 \times 0,81 \times \frac{60}{14} \times 0,85 \\
 & = 11,80 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Perhitungan Koefisien Dump Truck} \\
 & \text{Koefisien Alat} = 1 : Q \text{ Dump Truck} \\
 & \quad = 1 : 11,80 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 & \quad = 0,085
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi Peralatan

Rekapitulasi peralatan ditentukan oleh Excavator

$$\begin{aligned}
 \text{Excavator} & = 55,44 \text{ m}^3/\text{jam} = \frac{55,44}{55,44} = 1 \\
 & \approx 1 \text{ Unit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dump Truck} & = 18,77 \text{ m}^3/\text{jam} = \frac{55,44}{18,77} = 2,95 \\
 & \approx 3 \text{ Unit}
 \end{aligned}$$

Rencana produksi per hari :

$$\begin{aligned}
 & = \text{Produksi alat yang menentukan} \times \text{Jam kerja} \times \\
 & \quad \text{Jumlah alat} \\
 & = 55,44 \text{ m}^3/\text{jam} \times 8 \text{ jam} \times 1 \\
 & = 443,52 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Rencana Waktu Penyelesaian
= $\frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Rencana Produksi/hari}}$

$$= \frac{2687,9}{443,52} = 6,06$$

= 6,06 dibulatkan menjadi 6 hari

Jadi total waktu Pekerjaan Timbunan Struktur adalah 6 hari.

4.4.4 Pekerjaan Struktur Bawah

Pekerjaan Struktur Bawah pada proses pembangunan jembatan ini dimulai dengan pengerjaan Pemancangan sampai dengan pekerjaan pembuatan Kolom / Pier. Pada bagian ini akan dijelaskan metode pelaksanaan pekerjaan per item.

a. Pekerjaan Pemancangan

Underpass Pasuruan ini mempunyai 12 segmen (Span) yang terdiri 2 Abutment (1 awal dan 1 akhir) dan 11 Pier/Kolom (kanan dan kiri). Dari data yang kami dapat, pier tersebut mempunyai kebutuhan tiang pancang dan kedalaman yang sama yaitu 12 meter sesuai dengan kondisi tanah. Berikut data jumlah titik tiang pancang dan abutment yang diperlukan:

- Abutmen (A1, A2) mempunyai kebutuhan tiang pancang yang sama yaitu 72 buah dengan kedalaman 12m.
- Pier/Kolom (P1 s/d P11) mempunyai kebutuhan tiang pancang yang sama yaitu 50 buah dengan kedalaman 12 m.

Dalam pembangunan Underpass Pasuruan ini akan dibantu alat berat seperti Diesel Hammer dan Crawler Crane. Pada pekerjaan ini dipakai tiang pancang berdiameter 0.50 m. Adapun tiang pancang

dengan kedalaman 12 m ini merupakan panjang keseluruhan dari sambungan 2 tiang pancang 6m. Penyatuan kedua tiang pancang dilakukan dengan cara pengelasan

- Pengangkutan dan Handling Tiang Pancang :

1. Pada waktu mengangkat dan mengangkut tiang pancang, Kontraktor harus menyediakan kawat baja (sling) dan peralatan lainnya yang diperlukan untuk mencegah pembengkokan pada tiang pancang.
2. Atur Triler pengangkut tiang pancang untuk memasuki lokasi proyek.
3. Turunkan Tiang pancang dengan Crane secara hati-hati untuk menghindari resiko kerusakan yang terjadi apabila ada kesalahan penempatan dan penurunan.



Sumber : Dokumen Pribadi
Gambar 4. 1 Pekerjaan Pemancangan

- Pemancangan Tiang Pancang

1. Tentukan titik pemancangan dan siapkan crane serta peralatan yang digunakan untuk proses pemancangan.

2. Sebelum pemancangan, pasang bantalan pada kepala tiang pancang untuk menghindari resiko kerusakan saat ditekan dengan mesin
3. Pasangkan tiang pancang ke diesel hammer, dengan menggunakan crawler crane.
4. Lakukan proses pemancangan secara hati-hati untuk menghindari kerusakan pada mesin diesel hammer

- Perhitungan waktu pemancangan

Dalam pekerjaan pemancangan digunakan tiang pancang beton pratekan dengan data-data sebagai berikut:

- Bahan = Tiang Pancang beton (Spoon Pile)
- Penampang = Lingkaran Ø 50 cm
- Mutu beton = K 600
- Panjang tiang = 14 m
- Berat tiang = 4228 kg
- Jumlah Titik = 218 Titik

Alat tiang pancang diesel hammer V20A Hammer Series 4 dengan data-data sebagai berikut :

- Berat hammer = 5770 kg
- Energi per blow = 4800 kg/m
- Tinggi jatuh hammer = 20cm
- Kecepatan blow = 42 blow/min

Alat pancang Diesel Hammer tersebut dikombinasikan dengan Crawler Crane yang berfungsi sebagai penyangga dan pengendali Drop Hammer, dimana data - data Crawler Crane adalah sebagai berikut :

- Model = Hino P11C-UN
- Kapasitas angkat maks. = 40100 kg
- Panjang lengan = 85,3 m
- Kecepatan angkat = 100 m/min x 40%

- Kecepatan penurunan = 40 m/min
= 100 m/ min x 40%
= 40 m/min
- Kecepatan jelajah = 18,33 m/menit x 40%
= 7,33 m/min

Tiang pancang tersebut dipancangkan pada tanah pada kedalaman 16 m, dengan data-data sebagai berikut ini :

- Nilai jumlah hambatan pelekat (JHP) = 361 kg/cm
- Nilai Conus rata- rata = 31,04 kg/cm²

Dari data-data teknis diatas maka dapat dihitung produksi pemancangan yang ditentukan dari waktu siklus pemancangan tiang pancang sebagai berikut ini:

- Waktu yang dibutuhkan untuk Pemancangan Satu buah Tiang Pancang :



- Waktu persiapan (pemancangan TP bawah)
- Waktu mendirikan tiang pancang pada boom/layar
- Tinggi Spun Pile = 7 meter
- Jarak Hammer ke pengambilan = 3.5 meter

Jadi, jarak pengambilan = $\sqrt{7^2 + 3.5^2} = 7.85$ meter

$$t_1 = \frac{\text{jarak pengambilan}}{\text{kecepatan tarik}} = \frac{7.85 \text{ m}}{40 \text{ m/menit}} = 0.2 \text{ menit}$$

Dalam satu titik pancang terdapat 2 tiang pancang sehingga:

$$\begin{aligned} t1 \times 2 &= 0,2 \text{ menit} \times 2 \\ &= 0,4 \text{ menit} \end{aligned}$$

Waktu penyetelan hammer pada kepala tiang pancang dan pelurusan pada posisi tiang pancang:

$$t2 = 2 \text{ menit}$$

Dalam satu titik pancang terdapat 2 kali penyetelan hammer pada kepala tiang pancang dan pelurusan posisi, sehingga:

$$\begin{aligned} t2 \times 2 &= 2 \text{ menit} \times 2 \\ &= 4 \text{ menit} \end{aligned}$$

- Waktu pemancangan tiang pancang

Waktu penumbukan antara hammer diesel dengan kepala tiang pancang :

$$\text{Kel. TP} = \pi \cdot d$$

$$\begin{aligned} &= \pi \cdot 50 \\ &= 157,08 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ATP} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi 50^2 \\ &= 1963,5 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= [\text{Conus rata-rata} \times \text{A TP}] + [\text{JHP} \times \text{Kel. TP}] \\ &= [31,04 \text{ kg/cm}^2 \times 1963,5 \text{ cm}^2] + [361 \text{ kg/cm} \times \\ &\quad 157,08 \text{ cm}] \\ &= 117.652,92 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z &= 10 \% \cdot W \cdot H = 10 \% \cdot 5770 \text{ Kg} \cdot 20 \text{ cm} \\ &= 11540 \text{ Kg cm} \end{aligned}$$

$$H = 20 \text{ cm}$$

$$W \cdot h = R \cdot s + Z$$

$$5770 \text{ kg} \cdot 20 \text{ cm} = 117.652,92 \text{ Kg} \cdot s + 11540 \text{ Kg cm}$$

$$s = \frac{115400 \text{ Kg cm} - 11540 \text{ Kgcm}}{117.652,92 \text{ Kg}}$$

$$= 0,883 \text{ cm/blow}$$

$$t3 = \frac{\text{Panjang TP}}{\text{Jumlah Blow/menit}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1400 \text{ cm}}{42 \frac{\text{Blow}}{\text{menit}} \times 0.883 \frac{\text{Blow}}{\text{menit}}} \\
 &= 37.75 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

W = Berat hammer yang di jatuhkan

H = Tinggi jatuhnya hammer

R =Tahanan batas dari tanah yang menahan turunnya tiang pancang

s =Besarnya penurunan tiang pancang pada setiap diadakan penumbukan

Z =Besarnya kehilangan tenaga yang disebabkan oleh beberapa hal yaitu :

-Pantulan dari alat penumbuk pada tiang pancang

-Deformasi elastis dari alat tumbuk itu sendiri.

- Waktu Kalendering

- Waktu pemasangan alat kalendering = 1 menit

- Waktu Kalendering

$$= \frac{\text{Jumlah Pukulan Terakhir Kalendering}}{(\text{Jumlah blow/menit})}$$

$$= \frac{10 \text{ Pukulan}}{42 \text{ blow/menit}}$$

$$= 0,23 \text{ menit}$$

$$t_4 = 1 \text{ menit} + 0.23 \text{ menit}$$

$$= 1.23 \text{ menit}$$

Jadi waktu total siklus pemancangan :

$$= t_1 + t_2 + t_3 + t_4$$

$$= 0.4 + 4 + 37.75 + 1,23$$

$$= 43.38 \text{ menit}$$

- Waktu Pindah Posisi

Waktu Total Pindah Posisi :

Waktu Pindah Posisi dapat ditentukan dari data Crawler Crane sebagai berikut :

- Kecepatan Jelajah Crane (Pindah Posisi)

$$1,1 \text{ km/jam} = 18,377 \text{ m/menit}$$

- Kecepatan Swing

$$2,6 \text{ rpm} = 10,4 \text{ m/menit}$$

- Jarak Perpindahan Pancang dan Swing Crawler Crane per titik pancang

- Total Waktu Swing = 16,83 menit

- Total Waktu Pindah Posisi dalam Poer = 9,54 menit

- Waktu Pindah Posisi dari Poer ke Poer

- Keterangan data perpindahan alat pancang

Total Waktu Pindah Posisi dalam Poer = 17,94 menit

- Waktu total pindah posisi

$$= 16,83 \text{ menit} + 9,54 \text{ menit} + 17,94 \text{ menit}$$

$$= 44,31 \text{ menit}$$

- Waktu siklus x jumlah TP

$$= 43,38 \text{ menit} \times 211$$

$$= 9153,18 \text{ menit}$$

- Waktu total pindah posisi

Waktu total :

$$= 44,31 \text{ menit} + 9153,18 \text{ menit}$$

$$= 9197,5 \text{ menit}$$

- Waktu rata-rata untuk pemancangan 1 titik tiang pancang adalah sebagai berikut ini :

$$= \frac{9197,5 \text{ menit}}{211 \text{ titik}}$$

$$= 43,59 \text{ menit/titik}$$

$$= 43,59 \text{ menit/titik}$$

- Sehingga dari waktu siklus total tersebut kita dapat menentukan jumlah siklus dalam satu jam (N), yaitu sebagai berikut ini :

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{60 \text{ menit}}{\text{Waktu siklus total}} \\
 &= \frac{60 \text{ menit}}{43.59 \text{ menit/titik}} \\
 &= 1,3 \text{ titik}
 \end{aligned}$$

Produksi per jam dari alat pancang adalah :

- Faktor cuaca

Kondisi = terang, panas, berdebu

Nilai = $50/60$ menit/jam
= 0,83

- Faktor operator dan mekanik

Kondisi = Terampil

Nilai = 0,80

- Faktor operasi alat dan pemeliharaan mesin

Kondisi = baik

Nilai = 0,75

Q = $q \times N \times Ek$
= $1 \times 1,3 \times (0,83 \times 0,80 \times 0,75)$
= 0,65 titik/jam ≈ 1 titik/jam

Koefisien Pemancangan :

= 1 : Q Diesel Hammer

= 1 : 1

= 1

Setelah produksi per jam dari alat pancang (Q) telah diketahui, maka dengan asumsi satu hari sama dengan 8 jam kerja, maka pemancangan tiang pancang keseluruhan dapat diselesaikan dengan waktu sebagai berikut ini :

$$\begin{aligned}
 Q &= 0,64 \text{ titik/jam} \times 8 \text{ jam} \\
 &= 5,12 \approx 5 \text{ titik} \\
 &= 5 \text{ titik dalam 1 hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Durasi} &= \text{Jumlah total titik} / \text{TP titik dalam 1 hari} \\
 &= \frac{218}{5} \\
 &= 43.6 \text{ hari} \\
 &= 44 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Jadi, pekerjaan pemancangan membutuhkan waktu 44 hari.

b. Pekerjaan Pemotongan Tiang Pancang

Pekerjaan Pemotongan Tiang Pancang, setelah melakukan proses pemancangan langkah selanjutnya adalah pemotongan tiang pancang. Proses ini dilakukan secara manual dengan rincian sebagai berikut :

- Tiang pancang harus dipotong pada elevasi tertentu sehingga tiang memanjang sampai ke penutup (caps) atau kaki (footing) atau slab, cross beam, atau balok sebagaimana tertera di dalam gambar.
- Panjang tambahan pada tiang pancang harus cukup untuk mencapai elevasi bawah caps, kaki, cross beam, atau balok dan harus dari bagian yang sama sebagaimana tiang pancang itu sendiri, atau sesuai dengan gambar.
- Setelah tiang pancang diperpanjang, pemancangan jangan dihentikan sebelum ada persetujuan konsultan pengawas.

- Kecuali ditentukan lain, panjang sisa pemotongan tiang pancang menjadi milik kontraktor, dan harus di luar batas ruang milik jalan di luar batas jangkauan penglihatan dari daerah jalan, sesuai dengan perintah konsultan pengawas.



Sumber : Dokumen Pribadi
Gambar 4. 2 Pekerjaan Pemotongan Tiang Pancang

- Pemotongan 1 tiang pancang = 1 orang
- Rencana jumlah pemotongan = 20 buah/hari
- Jumlah tenaga kerja = $1 \times 20 = 20$ orang

Maka waktu pelaksanaan pemotongan tiang pancang adalah sebagai berikut :

- Abutment A1 dan A2 (Kanan & Kiri)

$$= \frac{72 \text{ titik}}{20 \text{ titik/hari}} = 3,6 \approx 4 \text{ Hari}$$

- Pier P1 (Kanan & Kiri)

$$= \frac{100 \text{ titik}}{20 \text{ titik/hari}} = 5 \approx 5 \text{ Hari}$$

$$\begin{aligned} & \text{- Pier P2 (Kanan \& Kiri)} \\ & = \frac{100 \text{ titik}}{20 \text{ titik/hari}} = 5 \approx 5 \text{ Hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{- Pier P3 (Kanan \& Kiri)} \\ & = \frac{100 \text{ titik}}{20 \text{ titik/hari}} = 5 \approx 5 \text{ Hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{- Pier P4 (Kanan \& Kiri)} \\ & = \frac{100 \text{ titik}}{20 \text{ titik/hari}} = 5 \approx 5 \text{ Hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{- Pier P5 (Kanan \& Kiri)} \\ & = \frac{100 \text{ titik}}{20 \text{ titik/hari}} = 5 \approx 5 \text{ Hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{- Pier P6 (Kanan \& Kiri)} \\ & = \frac{100 \text{ titik}}{20 \text{ titik/hari}} = 5 \approx 5 \text{ Hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{- Pier P7 (Kanan \& Kiri)} \\ & = \frac{100 \text{ titik}}{20 \text{ titik/hari}} = 5 \approx 5 \text{ Hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{- Pier P8 (Kanan \& Kiri)} \\ & = \frac{100 \text{ titik}}{20 \text{ titik/hari}} = 5 \approx 5 \text{ Hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{- Pier P9 (Kanan \& Kiri)} \\ & = \frac{100 \text{ titik}}{20 \text{ titik/hari}} = 5 \approx 5 \text{ Hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{- Pier P10 (Kanan \& Kiri)} \\ & = \frac{100 \text{ titik}}{20 \text{ titik/hari}} = 5 \approx 5 \text{ Hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{- Pier P11 (Kanan \& Kiri)} \\ & = \frac{100 \text{ titik}}{20 \text{ titik/hari}} = 5 \approx 5 \text{ Hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{- Abutment A2 (Kanan \& Kiri)} \\ & = \frac{72 \text{ titik}}{20 \text{ titik/hari}} = 3,6 \approx 4 \text{ Hari} \end{aligned}$$

Jadi total waktu yang diperlukan untuk pekerjaan pemotongan tiang pancang adalah :

$$\begin{aligned} & = 4 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 4 \\ & = 63 \text{ hari.} \end{aligned}$$

c. Pekerjaan Lean Concrete

Disini pasir berfungsi sebagai alas yang nantinya akan di tambah lean concrete di atasnya. Tebal pasir dan lean concrete sama yaitu masing-masing setebal 10 cm. Disini dilakukan tenaga manusia untuk menimbun pasir.

Lean Concrete berfungsi sebagai alas apabila kita akan melakukan pekerjaan penulangan dan pengecoran pile cap jembatan . Disini digunakan mobile mixer untuk memasukkan cor –coran ke dalam bekisting . Berikut ini adalah proses pembuatan lean concrete :

- Setelah proses pemancangan selesai, lakukan proses penggalian untuk pondasi tiang pancang dengan menggunakan excavator.
- Bila sudah tergali tanah dipadatkan untuk mengeluarkan air tanah yang ada dalam galian pondasi dengan tenaga manusia / manual.
- Selanjutnya tanah yang sudah digali diberi pasir padat dengan tebal 10 cm. pekerjaan ini dilakukan oleh tenaga manusia.
- Lakukan pekerjaan bekisting untuk mencetak bentuk Lean Concrete yang simetris.
- Beri lapisan Lean Concrete dan ratakan secara manual, dengan tebal 10 cm supaya datar untuk proses pemasangan tulangan baja.
- Tunggu sampai kering hingga Lean Concrete siap digunakan untuk proses pekerjaan selanjutnya. Apabila kondisi cuaca buruk / hujan dapat kita tutup dengan menggunakan terpal.



Sumber : Dokumen Pribadi

Gambar 4. 3 Proses Pengecoran Lean Concrete

- Pengerjaan Lantai Kerja (Pasir dan Lean Concrete)

Tabel 4. 7 Perhitungan Volume Pasir Urug

Lokasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Tebal (m)	Volume (m ³)
A1 (Kanan)	12,50	6	0,10	7,5
A1 (Kiri)	12,50	6	0,10	7,5
P1 (Kanan)	7,50	7,50	0,10	5,625
P1 (Kiri)	7,50	7,50	0,10	5,625
P2 (Kanan)	7,50	7,50	0,10	5,625
P2 (Kiri)	7,50	7,50	0,10	5,625
P3 (Kanan)	7,50	7,50	0,10	5,625
P3 (Kiri)	7,50	7,50	0,10	5,625
P4 (Kanan)	7,50	7,50	0,10	5,625
P4 (Kiri)	7,50	7,50	0,10	5,625
P5 (Kanan)	7,50	7,50	0,10	5,625
P5 (Kiri)	7,50	7,50	0,10	5,625
P6 (Kanan)	7,50	7,50	0,10	5,625
P6 (Kiri)	7,50	7,50	0,10	5,625
P7 (Kanan)	7,50	7,50	0,10	5,625
P7 (Kiri)	7,50	7,50	0,10	5,625
P8 (Kanan)	7,50	7,50	0,10	5,625

P8 (Kiri)	7,50	7,50	0,10	5,625
P9 (Kanan)	7,50	7,50	0,10	5,625
P9 (Kiri)	7,50	7,50	0,10	5,625
P10 (Kanan)	7,50	7,50	0,10	5,625
P10 (Kiri)	7,50	7,50	0,10	5,625
P11 (Kanan)	7,50	7,50	0,10	5,625
P11 (Kiri)	7,50	7,50	0,10	5,625
A2 (Kanan)	12,50	2,50	0,10	3,125
A2 (Kiri)	12,50	2,50	0,10	3,125
			Total	145

Pada Pengurugan pasir padat dilakukan dengan menggunakan bantuan tenaga manusia.

- Volume pekerjaan : 145 m³
- HSPKnya adalah :

HSPK Pengurugan pasir padat

Kegiatan Pengurugan Pasir Padat	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Harga
<u>Upah</u>				
Mandor	0,0250	OH	Rp.133.200,00	3.330,00
Pekerja Terampil	0,2500	OH	Rp. 94.656,00	23.664,00
<u>Bahan</u>				
Pasir Urug	1,2	M3	Rp.143.900,00	172.680,00
			Harga Satuan	199.674,00

- Berikut adalah perhitungan produktifitas tiap tenaga kerja :

Produktivitas tiap Orang :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1 \text{ hari}}{0,25/\text{hari}} \\
 &= 4 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Kapasitas Produksi (Qt) per hari direncanakan menggunakan grup.

$$Q_t = 4 \text{ m}^3/\text{hari} \times 10 \text{ grup} = 40 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- Sumber Daya yang dibutuhkan dalam pekerjaan pengurangan pasir padat Berdasarkan ketentuan HSPK adalah :

$$\text{Mandor} = \frac{0,025 \text{ o.H}}{0,25 \text{ o.H}} \times 10 \text{ grup} = 1 \text{ orang}$$

$$\text{Pekerja Terampil} = \frac{0,25 \text{ o.H}}{0,25 \text{ o.H}} \times 10 \text{ grup} = 10 \text{ orang}$$

- Waktu adalah total volume dibagi kapasitas produksi perhari.

Jadi waktu yang diperlukan adalah :

$$\text{Waktu} = \frac{145 \text{ m}^3}{40 \text{ m}^3/\text{hari}} = 3,6 \text{ hari} \approx 4 \text{ hari}$$

Tabel 4. 8 Perhitungan Volume Lean Concrete

Lokasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Tebal (m)	Volume (m ³)
A1 (Kanan)	12,50	6	0,10	7,5
A1 (Kiri)	12,50	6	0,10	7,5
P1 (Kanan)	7,50	7,50	0,10	5,625
P1 (Kiri)	7,50	7,50	0,10	5,625
P2 (Kanan)	7,50	7,50	0,10	5,625
P2 (Kiri)	7,50	7,50	0,10	5,625
P3 (Kanan)	7,50	7,50	0,10	5,625
P3 (Kiri)	7,50	7,50	0,10	5,625
P4 (Kanan)	7,50	7,50	0,10	5,625
P4 (Kiri)	7,50	7,50	0,10	5,625
P5 (Kanan)	7,50	7,50	0,10	5,625

P5 (Kiri)	7,50	7,50	0,10	5,625
P6 (Kanan)	7,50	7,50	0,10	5,625
P6 (Kiri)	7,50	7,50	0,10	5,625
P7 (Kanan)	7,50	7,50	0,10	5,625
P7 (Kiri)	7,50	7,50	0,10	5,625
P8 (Kanan)	7,50	7,50	0,10	5,625
P8 (Kiri)	7,50	7,50	0,10	5,625
P9 (Kanan)	7,50	7,50	0,10	5,625
P9 (Kiri)	7,50	7,50	0,10	5,625
P10 (Kanan)	7,50	7,50	0,10	5,625
P10 (Kiri)	7,50	7,50	0,10	5,625
P11 (Kanan)	7,50	7,50	0,10	5,625
P11 (Kiri)	7,50	7,50	0,10	5,625
A2 (Kanan)	12,50	2,50	0,10	3,125
A2 (Kiri)	12,50	2,50	0,10	3,125
			Total	145

- Waktu Siklus

Waktu pengambilan dari Batching Plan 3km (t1)

$$= \frac{3 \times 60}{30} = 6 \text{ menit}$$

Waktu kembali dengan keadaan isi (t2)

$$= \frac{3 \times 60}{20} = 9 \text{ menit}$$

Kedalaman pengecoran 1,8 m (t3)

= 15 menit (Asumsi)

Waktu Siklus Total (TS)

= t1 + t2 + t3

= 6 menit + 9 menit + 15 menit

= 30 Menit

- Perhitungan Kapasitas Produksi Truck Mixer

- Kapasitas Bucket (V) = 7
- Faktor Efisiensi Kerja (fa) = 0,75
- Faktor Efisiensi Cuaca (e1) = 0,83
- Faktor Efisiensi Operator (e2) = 0,7
- Berat Jenis Beton (D) = 2,4

$$\begin{aligned} A &= V \times fa \times e1 \times e2 \times D \times 60 \\ &= 7 \times 0,75 \times 0,83 \times 0,7 \times 2,4 \times 60 \\ &= 439,236 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B &= TS \\ &= 30 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$Q = \frac{A}{B} = \frac{439,236}{30} = 14,641 \text{ m}^3/\text{jam}$$

- Rekapitulasi Peralatan

Rekapitulasi peralatan ditentukan oleh Truck Mixer,

$$\text{Truck mixer} = 14,641 \text{ m}^3/\text{jam} = \frac{14,641}{14,641} = 1 \text{ Unit}$$

$$\text{Koefisien alat berat} = \frac{1}{14,641} = 0,068$$

- Rencana produksi per hari :

= Produksi alat yang menentukan x Jam kerja x Jumlah alat

$$= 14,641 \text{ m}^3/\text{jam} \times 8 \text{ Jam} \times 1$$

$$= 117,128 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- Rencana waktu penyelesaian :

$$= \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Rencana Produksi/Hari}}$$

$$= \frac{145}{117,128}$$

$$= 1,24 \text{ hari}$$

dibulatkan menjadi 2 hari

Jadi untuk pekerjaan lantai kerja (Pengurangan Pasir dan Lean Concrete) membutuhkan waktu :

= 4 hari + 2 hari

= 6 hari.

d. Pekerjaan Footing Pilar (Pilecap)

Setelah pembuatan lean concrete langkah selanjutnya yaitu pelaksanaan pekerjaan pilecap. Pilecap ini menggunakan baja tulangan sebagai kerangka dari pondasi, yang kemudian akan dilakukan pengecoran. Berikut ini adalah proses pekerjaan pilecap:

- Rakitan pembersian berada di dalam galian pilecap. Pasang bekisting pada seluruh permukaan footing (kecuali permukaan atas).
- Masukkan cor – coran ke dalam bekisting footing dengan menggunakan truck mixer dan concrete pump, kemudian ratakan dengan menggunakan alat perata beton sesuai dengan rencana.

Tabel 4. 9 Perhitungan Bekisting P1 s/d P11

Tipe	Sisi Alas			Sisi Alas Kanan				Sisi Alas Kiri			
	P (m)	L (m)	Vol. (m2)	P (m)	T (m)	N (bh)	Vol. (m2)	L (m)	T (m)	N (bh)	Vol. (m2)
P1	7,50	7,50	56,25	7,50	1,20	2	18	7,50	1,20	2	18
P2	7,50	7,50	56,25	7,50	1,20	2	18	7,50	1,20	2	18
P3	7,50	7,50	56,25	7,50	1,20	2	18	7,50	1,20	2	18
P4	7,50	7,50	56,25	7,50	1,20	2	18	7,50	1,20	2	18
P5	7,50	7,50	56,25	7,50	1,20	2	18	7,50	1,20	2	18
P6	7,50	7,50	56,25	7,50	1,20	2	18	7,50	1,20	2	18
P7	7,50	7,50	56,25	7,50	1,20	2	18	7,50	1,20	2	18
P8	7,50	7,50	56,25	7,50	1,20	2	18	7,50	1,20	2	18
P9	7,50	7,50	56,25	7,50	1,20	2	18	7,50	1,20	2	18
P10	7,50	7,50	56,25	7,50	1,20	2	18	7,50	1,20	2	18
P11	7,50	7,50	56,25	7,50	1,20	2	18	7,50	1,20	2	18

Total Volume Bekisting adalah 1014,75 m²

- Pasang Bekisting Pondasi (Footing)

Untuk pemasangan bekisting menurut Ir. A Soedrajat. S (1984)) dapat dilihat pada tabel 5-2 halaman 86 , dan kemampuan minimal orang bekerja adalah satu hari, dimana 1 hari = 8 jam kerja dan rencana pekerja 8 orang maka dapat ditentukan kebutuhan jam kerja sebagai berikut :

Tabel 4. 10 Kebutuhan Jam Kerja Pasang Bekisting Pondasi (Footing)

Jenis Cetakan	Mengoles Oli (jam/10m ²)	Penyetelan (jam/10m ²)	Pemasangan (jam/10m ²)	Pembongkaran (jam/10m ²)
Pondasi	1	5	3	3

- Menyetel :

$$= \frac{5 \text{ jam}}{10 \text{ m}^2} \times 1014,75 \text{ m}^2 = 507,37 \text{ jam}$$

$$\text{Untuk 1 orang pekerja} = \frac{507,37}{8 \text{ jam/hari}} = 63,4$$

$$\approx 63 \text{ hari}$$

$$\text{Maka, untuk 8 orang pekerja} = \frac{63}{8} = 7,9$$

$$\approx 8 \text{ hari}$$

- Mengolesi Oli :

$$= \frac{1 \text{ jam}}{10 \text{ m}^2} \times 1014,75 \text{ m}^2 = 101,47 \text{ jam}$$

$$\text{Untuk 1 orang pekerja} = \frac{101,47}{8 \text{ jam/hari}} = 12,7$$

$$\approx 13 \text{ hari}$$

$$\text{Maka, untuk 8 orang pekerja} = \frac{13}{8} = 1,6$$

$$\approx 2 \text{ hari}$$

- Memasang :

$$= \frac{3 \text{ jam}}{10 \text{ m}^2} \times 1014,75 \text{ m}^2 = 304,43 \text{ jam}$$

$$\text{Untuk 1 orang pekerja} = \frac{304,43}{8 \text{ jam/hari}} = 38,1$$

$$\approx 38 \text{ hari}$$

$$\text{Maka, untuk 8 orang pekerja} = \frac{38}{8} = 4,75$$

$$\approx 5 \text{ hari}$$

Jadi, total waktu untuk memasang bekisting adalah
 $= 8 \text{ hari} + 2 \text{ hari} + 5 \text{ hari} = 15 \text{ hari}$

- Membuka dan Membersihkan :

$$= \frac{3 \text{ jam}}{10 \text{ m}^2} \times 1014,75 \text{ m}^2 = 304,43 \text{ jam}$$

$$\text{Untuk 1 orang pekerja} = \frac{304,43}{8 \text{ jam/hari}} = 38,1$$

$$\approx 38 \text{ hari}$$

$$\text{Maka, untuk 8 orang pekerja} = \frac{38}{8} = 4,75$$

$$\approx 5 \text{ hari}$$

Jadi, total waktu untuk membuka dan membersihkan bekisting adalah = 5 hari

- Pekerjaan Pembesian Footing Pilar

Tabel 4. 11 Pekerjaan Pembesian Footing Pilar

Tipe Pilecap	Kebutuhan Besi (Kg)	
	Kanan	Kiri
P1	9.819,26	9.819,26
P2	9.819,26	9.819,26
P3	9.819,26	9.819,26
P4	9.819,26	9.819,26

P5	9.819,26	9.819,26
P6	9.819,26	9.819,26
P7	9.819,26	9.819,26
P8	9.819,26	9.819,26
P9	9.819,26	9.819,26
P10	9.819,26	9.819,26
P11	9.819,26	9.819,26

Total Volume Kebutuhan Besi adalah 216.023,72 Kg

Pada Pekerjaan Pembesian dilakukan dengan menggunakan tenaga manusia. Satu grup terdiri dari Mandor, Kepala Tukang Besi, Tukang Besi dan pembantu tukang. Karena volumenya yang besar maka digunakan 30 grup.

- Volume pekerjaan : 216.023,72 kg
- HSPKnya adalah

HSPK Pekerjaan Pembesian dengan besi beton
(polos/ulir)

Pekerjaan Pembesian dengan besi beton (polos/ulir)	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Harga
<u>Upah</u>				
Mandor	0,0004	OH	Rp.119.500,00	48,00
Kepala Tukang Besi	0,0007	OH	Rp.104.400,00	74,00
Tukang Besi	0,0070	OH	Rp. 99.400,00	696,00
Pembantu Tukang	0,0070	OH	Rp. 94.000,00	660,00
			Jumlah :	1478,00
<u>Bahan</u>				

Besi Beton (polos)	1,0500	Kg	Rp. 9.100,00	9555,00
Kawat Beton	0,0150	Kg	Rp. 23.000,00	345,00
			Jumlah :	9900,00
			Harga Satuan	11.378,00

- Perhitungan waktu berdasarkan ketentuan HSPK. Kapasitas produksi ditentukan berdasarkan sumber daya yang paling menentukan. Dalam hal ini Tukang besi yang paling menentukan. Berikut adalah perhitungan produktifitas tukang besi yang dapat dihasilkan :

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas per – orang} &= \frac{1 \text{ hari}}{0,0070 \text{ hari}} \times 1 \text{ Kg} \\ &= 142,86 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Perhitungan Kapasitas Produksi (Qt) per hari direncanakan menggunakan 10 grup :

$$Qt = 142,86 \text{ Kg} \times 30 \text{ Tukang Besi} = 4285,8 \text{ Kg/hari}$$

- Sumber daya grup yang dibutuhkan dalam 1 hari berdasarkan ketentuan HSPK adalah:

- Mandor

$$\begin{aligned} &= \frac{0,0004 \text{ O. H}}{0,0070 \text{ O. H}} \times 1 \text{ Orang} \times 30 \text{ Grup} = 1,7 \\ &\approx 2 \text{ Orang} \end{aligned}$$

- Kepala Tukang Besi

$$= \frac{0,0007 \text{ O. H}}{0,0070 \text{ O. H}} \times 1 \text{ Orang} \times 30 \text{ Grup} = 3 \text{ Orang}$$

- Tukang Besi

$$= \frac{0,0070 \text{ O. H}}{0,0070 \text{ O. H}} \times 1 \text{ Orang} \times 30 \text{ Grup} = 30 \text{ Orang}$$

$$\begin{aligned} & - \text{Pembantu Tukang} \\ & = \frac{0,0070 \text{ O. H}}{0,0070 \text{ O. H}} \times 1 \text{ Orang} \times 30 \text{ Grup} = 30 \text{ Orang} \end{aligned}$$

- Waktu adalah total volume dibagi kapasitas produksi perhari.

Jadi, Waktu yang diperlukan :

$$\text{Waktu} = \frac{216.023,72 \text{ Kg}}{4285,8 \text{ Kg/hari}} = 50,4 \approx 50 \text{ Hari}$$

- Pekerjaan Pengecoran Footing Pilar

Tabel 4. 12 Pekerjaan Pengecoran Footing Pilar

Tipe Pilecap	Volume Balok				Volume Trapesium				Volume Total
	p (m)	l (m)	t (m)	Vol. (m3)	Sisi 1 (m)	Sisi 2 (m)	t (m)	Vol. (m3)	
P1	7,50	7,50	1,2	67,5	7,50	2,7	0,3	6,075	73,575
P2	7,50	7,50	1,2	67,5	7,50	2,7	0,3	6,075	73,575
P3	7,50	7,50	1,2	67,5	7,50	2,7	0,3	6,075	73,575
P4	7,50	7,50	1,2	67,5	7,50	2,7	0,3	6,075	73,575
P5	7,50	7,50	1,2	67,5	7,50	2,7	0,3	6,075	73,575
P6	7,50	7,50	1,2	67,5	7,50	2,7	0,3	6,075	73,575
P7	7,50	7,50	1,2	67,5	7,50	2,7	0,3	6,075	73,575
P8	7,50	7,50	1,2	67,5	7,50	2,7	0,3	6,075	73,575
P9	7,50	7,50	1,2	67,5	7,50	2,7	0,3	6,075	73,575
P10	7,50	7,50	1,2	67,5	7,50	2,7	0,3	6,075	73,575
P11	7,50	7,50	1,2	67,5	7,50	2,7	0,3	6,075	73,575

Volume Total = 809,325 m3

Pada Pekerjaan Pengecoran footing pilar (pilecap) dilakukan dengan menggunakan concrete pump, truck mixer serta dibantu oleh pekerja.

Perhitungan Waktu :

- Volume pekerjaan : 809,325 m³
- Perhitungan tenaga kerja berdasarkan analisa HSPK

HSPK Pekerjaan Pengecoran Footing Pilar.

Pekerjaan Pengecoran Footing Pilar	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Harga
<u>Upah</u>				
Mandor	0,105	OH	Rp.119.500,00	12.547,00
Kepala Tukang Batu	0,035	OH	Rp.104.400,00	3654,00
Tukang Batu	0,350	OH	Rp. 99.400,00	34.790,00
Pembantu Tukang	2,100	OH	Rp. 94.400,00	198.240,00
			Jumlah	249.231,00

- Sumber daya grup yang dibutuhkan dalam 1 hari berdasarkan ketentuan HSPK direncanakan menggunakan 2 grup :

- Mandor

$$= \frac{0,105 \text{ O. H}}{0,350 \text{ O. H}} \times 1 \text{ Orang} \times 2 \text{ Grup} = 0,6$$

$$\approx 1 \text{ Orang}$$

- Kepala Tukang Batu

$$= \frac{0,035 \text{ O. H}}{0,350 \text{ O. H}} \times 1 \text{ Orang} \times 2 \text{ Grup} = 0,2$$

$$\approx 1 \text{ Orang}$$

- Tukang Batu

$$= \frac{0,35 \text{ O. H}}{0,35 \text{ O. H}} \times 1 \text{ Orang} \times 2 \text{ Grup} = 2 \text{ Orang}$$

- Pembantu Tukang

$$= \frac{2,1 \text{ O. H}}{0,35 \text{ O. H}} \times 1 \text{ Orang} \times 2 \text{ Grup} = 12 \text{ Orang}$$

- Kemampuan Produksi Beton Ready Mix

Tabel 4. 13 Efisiensi Kerja

Kondisi Operasi Alat	Pemeliharaan Mesin				
	Baik Sekali	Baik	Sedang	Buruk	Buruk Sekali
Baik Sekali	0,83	0,81	0,76	0,7	0,63
Baik	0,78	0,75	0,71	0,65	0,6
Sedang	0,72	0,69	0,65	0,6	0,54
Buruk	0,63	0,61	0,57	0,52	0,45
Buruk Sekali	0,52	0,5	0,47	0,42	0,32

- Diasumsikan kondisi operasi peralatan dan pemeliharaan mesin baik, sehingga nilai efisiensi kerja adalah 0,75.

- Output / delivery capacity dari concrete pump
= 150 m³/jam

(Sumber : Brosur Concrete pump)

- Sehingga, kemampuan produksi dari concrete pump adalah

$$= 150 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,75 = 112,5 \text{ m}^3/\text{jam}$$

- Jumlah truck mixer yang dibutuhkan adalah

$$= \frac{5,13 \text{ m}^3}{5 \text{ m}^3} = 1,026$$

≈ 2 truck mixer (kapasitas 5 m³)

- Pekerjaan Cor dengan Truk Mixer.

- Waktu Siklus

$$\begin{aligned} & \text{Waktu pengambilan dari Batching Plan 3km (t1)} \\ & = \frac{3 \times 60}{30} = 6 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Waktu kembali dengan keadaan isi (t2)} \\ & = \frac{3 \times 60}{20} = 9 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Kedalaman pengecoran 1,8 m (t3)} \\ & = 15 \text{ menit (Asumsi)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Waktu Siklus Total (TS)} \\ & = t1 + t2 + t3 \\ & = 6 \text{ menit} + 9 \text{ menit} + 15 \text{ menit} \\ & = 30 \text{ Menit} \end{aligned}$$

- Perhitungan Kapasitas Produksi Truck Mixer

$$\begin{aligned} - \text{ Kapasitas Bucket (V)} & = 7 \\ - \text{ Faktor Efisiensi Kerja (fa)} & = 0,75 \\ - \text{ Faktor Efisiensi Cuaca (e1)} & = 0,83 \\ - \text{ Faktor Efisiensi Operator (e2)} & = 0,7 \\ - \text{ Berat Jenis Beton (D)} & = 2,4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A & = V \times fa \times e1 \times e2 \times D \\ & = 7 \times 0,75 \times 0,83 \times 0,7 \times 2,4 \\ & = 7,320 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B & = TS \\ & = 30 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$Q = A \left(\frac{60}{TS} \right) = 7,320 \left(\frac{60}{30} \right) = 14,64 \text{ m}^3/\text{jam}$$

- Rekapitulasi Peralatan

Rekapitulasi peralatan ditentukan oleh Truck Mixer,

$$\text{Truck mixer} = 14,64 \text{ m}^3/\text{jam} = \frac{14,64}{14,64} = 1 \text{ Unit}$$

$$\text{Koefisien alat berat} = \frac{1}{14,64} = 0,068$$

- Rencana produksi per hari :

Produksi alat yang menentukan x Jam kerja x Jumlah alat

$$= 14,64 \text{ m}^3/\text{jam} \times 8 \text{ Jam} \times 1$$

$$= 117,12 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- Rencana waktu penyelesaian :

$$= \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Rencana Produksi/Hari}}$$

$$= \frac{809,325}{117,12}$$

$$= 6,91 \text{ hari}$$

dibulatkan menjadi 7 hari

Jadi, total waktu yang diperlukan untuk pekerjaan Footing Pier/Kolom (Bekisting + Penulangan + Pengecoran) adalah :

$$= 15 \text{ hari} + 50 \text{ hari} + 7 \text{ hari}$$

$$= \mathbf{72 \text{ hari}}$$

e. Pekerjaan Abutment dan Wing Wall.

Setelah selesai dengan pekerjaan footing pilar, selanjutnya adalah pekerjaan abutment. Pada pekerjaan ini dilakukan proses pembesian, bekisting, dan pengecoran. Berikut ini adalah metode pengerjaan footing abutments :

- Setelah Lean Concrete siap digunakan lakukan pekerjaan pembesian pada Abutments.

- Pasang bekisting di setiap permukaan dari abutments kecuali permukaan atas karena untuk pemasangan cor – coran.
- Masukkan cor – coran ke dalam bekisting abutment, dan tunggu kering dan dirawat dengan curing.

Setelah selesai dengan pekerjaan Abutment, selanjutnya adalah pekerjaan Wing Wall. Pada pekerjaan ini dilakukan proses pembesian, bekisting, dan pengecoran. Berikut ini adalah metode pengerjaan wing wall :

- Setelah lean concrete siap digunakan lakukan pekerjaan pembesian pada wingwall.
- Pasang bekisting di setiap permukaan dari wingwall kecuali permukaan atas karena untuk pemasangan cor – coran.
- Masukkan cor – coran ke dalam bekisting wingwall, dan tunggu kering dan dirawat dengan curing.

- Pekerjaan Pembesian.

1. Perhitungan Volume

Tabel 4. 14 Perhitungan Volume Wall Abutment.

Tulangan	Jumlah Batang	Jumlah Bengkokan	Jumlah Kaitan	Berat Total (kg)
D32	83	83	83	4701,2655
D22	83	83	83	2124,6506
D19	83	166	83	682,9821
D16	83	83	83	150,811
D13	384	748	460	1471,9952
TOTAL	716	1163	792	9131,7044

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor kehilangan tulangan (Fh)} &= 1,05 \\
 \text{Volume tulangan} &= \text{berat total} \times \text{Fh} \\
 &= 9131,7 \times 1,05 \\
 &= 9588,28
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan kawat beton} &= 0,02 \times 9588,28 \\ &= 191,77 \\ \text{Total kebutuhan tulangan} &= 9780,05 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tabel 4. 15 Perhitungan Volume Wing Wall Kiri.

Tulangan	Jumlah Batang	Jumlah Bengkokan	Jumlah Kaitan	Berat Total (kg)
D19	38	76	38	560,9788
D16	10	20	10	93,22
D13	193	323	193	487,0528
TOTAL	241	419	241	1141,2516

$$\begin{aligned} \text{Faktor kehilangan tulangan (Fh)} &= 1,05 \\ \text{Volume tulangan} &= \text{berat total} \times \text{Fh} \\ &= 1141,25 \times 1,05 \\ &= 1198,31 \\ \text{Kebutuhan kawat beton} &= 0,02 \times 1198,31 \\ &= 23,96 \\ \text{Total kebutuhan tulangan} &= 1222,27 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tabel 4. 16 Perhitungan Volume Wing Wall Kanan.

Tulangan	Jumlah Batang	Jumlah Bengkokan	Jumlah Kaitan	Berat Total (kg)
D19	38	76	38	560,9788
D16	10	20	10	93,22
D13	193	323	193	487,0528
TOTAL	241	419	241	1141,2516

$$\begin{aligned} \text{Faktor kehilangan tulangan (Fh)} &= 1,05 \\ \text{Volume tulangan} &= \text{berat total} \times \text{Fh} \\ &= 1141,25 \times 1,05 \\ &= 1198,31 \\ \text{Kebutuhan kawat beton} &= 0,02 \times 1198,31 \\ &= 23,96 \end{aligned}$$

Total kebutuhan tulangan = 1222,27 kg

Jadi, jumlah volume tulangan Wall Abutment adalah = 9780,05 kg
dan volume tulangan Wing Wall (Kiri – Kanan) adalah = 1222,27 kg + 1222,27 kg = 2444,54 kg.

2. Perhitungan Produktivitas.

Berdasarkan volume di atas, maka direncanakan menggunakan 6 grup pekerja. Produktivitas 1 regu pekerja, berdasarkan Permen PU 2016 adalah sebagai berikut:

- Jumlah pekerja direncanakan 20 orang
- Koefisien 1 pekerja adalah 0,7
- Produktivitas 1 orang = $100/0,7 = 142,9$ kg/hari
- Produktivitas total 2 grup = $142,9 \times 20 = 2858$ kg / hari.

3. Perhitungan Durasi.

$$\text{Durasi Wall Abutment} = \frac{9780,05}{2858} = 3,42 \text{ hari} \\ \approx 3 \text{ hari}$$

$$\text{Durasi Wing Wall} = \frac{2444,54}{2858} = 0,85 \text{ hari} \\ \approx 1 \text{ hari}$$

Jadi, Total Durasi adalah = 3 hari + 1 hari = 4 hari

- Pekerjaan Bekisting.

1. Perhitungan Volume.

- Wall Abutment = luas permukaan (*sesuai shop drawing) = 188,4 m²
- Wing Wall Kiri = luas permukaan (*sesuai shop drawing) = 95,2 m²
- Wing Wall Kanan = luas permukaan (*sesuai shop drawing) = 95,2 m²

$$\begin{aligned}
 &\text{Jadi, total Volume adalah :} \\
 &= 188,4 \text{ m}^2 + 95,2 \text{ m}^2 + 95,2 \text{ m}^2 \\
 &= 378,8 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Produktivitas.

Berdasarkan volume di atas, maka direncanakan menggunakan grup pekerja. Produktivitas 1 regu pekerja berdasarkan Permen PU 2016 adalah sebagai berikut:

- Koefisien = 0,36
- Produktivitas = $1/0,36 = 2,8 \text{ m}^2/\text{hari}$

3. Perhitungan Durasi.

$$\begin{aligned}
 \text{Rencana jumlah pekerja} &= 20 \text{ orang} \\
 \text{Produktivitas} &= 2,8 \times 20 \\
 &= 56 \text{ m}^2/\text{hari} \\
 \text{volume bekisting} &= 378,8 \text{ m}^2 \\
 \text{durasi bekisting} &= \text{volume} / \text{produktivitas} \\
 &= 6.76 \text{ hari} \approx 7 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Jadi, Total Durasi adalah 7 hari

- Pekerjaan Pengecoran.

1. Perhitungan Volume.

- Volume Wall Abutment = luas alas \times tinggi (*sesuai shop drawing) = 110,7 m³
- Volume Wing Wall = luas alas \times tinggi (*sesuai shop drawing) = 19,8 m³

$$\begin{aligned}
 &\text{Jadi, Total Volume Pengecoran adalah :} \\
 &= 110,7 \text{ m}^3 + 19,8 \text{ m}^3 \\
 &= 130,5 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Produktivitas.

$$\text{Output piston side (DC)} = 42 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= DC \times Ek \\
 &= 42 \text{ m}^3 \times (0,83 \times 0,7 \times 0,75) \\
 &= 18,3 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan Durasi.

Durasi pengecoran

- Durasi persiapan
Sesuai tinjauan pustaka, asumsi persiapan = 0,75 jam
- Durasi pengecoran
Durasi = $(130,5 / 18,3) = 7,1$ jam
- Durasi pergantian Truck Mixer
Kapasitas Drum = 6 m³
Durasi = $(130,5/6) \times 0,03$ jam = 0,65 jam
- Durasi setelah pelaksanaan
Sesuai tinjauan pustaka, asumsi setelah pelaksanaan = 0,53 jam

Jadi, Total durasi pengecoran abutment adalah 2,37 hari

f. Pekerjaan Kolom / Pier.

Pada pekerjaan kolom Underpass Pasuruan, Proyek Jalan Tol Gempol – Pasuruan Seksi 3A ini terdapat 11 Kolom/Pier (Kanan dan Kiri), jadi totalnya adalah 22 Kolom/Pier. Berikut ini adalah proses pekerjaan kolom :

1. Apabila pekerjaan Abutment dan Wing Wall sudah selesai. Langkah selanjutnya adalah melakukan pekerjaan pembuatan Kolom.
2. Pasang scaffolding & bekisting pada kolom dengan Crawler Crane.
3. Masukkan cor-coran beton ke dalam bekisting yang sudah disiapkan dilengkapi dengan pembesian tulangan Kolom dengan menggunakan *Concrete Pump*.

4. Setelah pengecoran kolom sudah kering, maka dilakukan perawatan kolom dengan curing (pemberian air secukupnya) sampai bekisting siap untuk dilepas.

- Pekerjaan Pembesian Kolom / Pier.

1. Perhitungan Volume.

Tabel 4. 17 Rincian Volume Tulangan Pilar 1 kiri dan kanan

Tulangan	Jumlah Batang	Jumlah Bengkokan	Jumlah Kaitan	Berat Total (kg)
D32	88	144	88	5037,896
D16	218	1068	218	1560,566
TOTAL	306	1212	306	6598,462

Faktor kehilangan tulangan (Fh) = 1,05

$$\begin{aligned} \text{Volume tulangan} &= \text{berat total} \times Fh \\ &= 6598,462 \times 1,05 \\ &= 6928,38 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan kawat beton} &= 0,02 \times 6928,38 \\ &= 138,57 \end{aligned}$$

$$\text{Total kebutuhan tulangan} = 7066,95 \text{ kg}$$

Jadi, total kebutuhan tulangan untuk Pier 1 Kiri dan Kanan adalah :

$$\begin{aligned} &= 7066,95 \times 2 \\ &= 14133,9 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Karena pada Underpass Pasuruan terdapat 11 Kolom / Pier, maka perhitungan volumenya adalah :

$$\begin{aligned} &= \text{total kebutuhan tulangan Pier 1 Kiri dan Kanan} \times 11 \\ &= 14133,9 \times 11 \\ &= 155472,9 \text{ Kg} \end{aligned}$$

2. Perhitungan Produktivitas.

Berdasarkan volume di atas, maka direncanakan menggunakan 6 grup pekerja. Produktivitas 1 regu pekerja, berdasarkan Permen PU 2016 adalah sebagai berikut:

- Jumlah pekerja direncanakan 20 orang
- Koefisien 1 pekerja adalah 0,7
- Produktivitas 1 orang = $100/0,7 = 142,9$ kg/hari
- Produktivitas total 2 grup = $142,9 \times 20 = 2858$ kg / hari.

3. Perhitungan Durasi.

Durasi pada Pier 1 :

$$\text{Durasi} = \frac{14133,9}{2858} = 4,9 \text{ hari} \approx 5 \text{ hari}$$

Jadi, Durasi pada Pier 1 adalah = 5 hari

Karena pada Underpass Pasuran terdapat 11 Kolom / Pier, maka perhitungan durasinya adalah :

$$\begin{aligned} &= \text{durasi pada Pier 1} \times 11 \\ &= 5 \times 11 \\ &= 55 \text{ Hari} \end{aligned}$$

- Pekerjaan Bekisting Kolom / Pier.

1. Perhitungan Volume.

- Pier 1 kiri = luas selimut kolom (*sesuai shop drawing) = 43,2 m²
- Pier 1 kanan = luas selimut kolom (*sesuai shop drawing) = 43,2 m²

Jadi, total volume bekisting Pier 1 Kiri dan Kanan adalah :

$$= 43,2 \text{ m}^2 + 43,2 \text{ m}^2 = 86,4 \text{ m}^2$$

Karena pada Underpass Pasuruan terdapat 11 Kolom / Pier, maka perhitungan volumenya adalah :

$$\begin{aligned} &= \text{total volume bekisting Pier 1 Kiri dan Kanan} \times 11 \\ &= 86,4 \text{ m}^2 \times 11 \\ &= 950,4 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Produktivitas.

Berdasarkan volume di atas, maka direncanakan menggunakan 6 grup pekerja. Produktivitas 1 regu pekerja berdasarkan Permen PU 2016 adalah sebagai berikut:

- Koefisien = 0,36
- Produktivitas = $1/0,36 = 2,8 \text{ m}^2/\text{hari}$

3. Perhitungan Durasi.

Durasi pada Pier 1 :

Rencana jumlah pekerja = 20 orang

Produktivitas = $2,8 \times 20$

= $56 \text{ m}^2/\text{hari}$

Volume bekisting = $86,4 \text{ m}^2$

Durasi bekisting = $\text{volume} / \text{produktivitas}$

= $1,54 \text{ hari} \approx 2 \text{ hari}$

Jadi, Durasi pada Pier 1 adalah 2 hari

Karena pada Underpass Pasuruan terdapat 11 Kolom / Pier, maka perhitungan durasinya adalah :

= durasi pada Pier 1 $\times 11$

= 2×11

= 22 Hari

- Pekerjaan Pengecoran Kolom / Pier.

1. Perhitungan Volume.

- Pier 1 kiri = $\text{luas alas} \times \text{tinggi}$ (*sesuai shop drawing) = $38,3 \text{ m}^3$

- Pier 1 kanan = luas alas x tinggi (*sesuai shop drawing) = 38,3 m³

Jadi, total volume Pengecoran Pier 1 Kiri dan Kanan adalah :

$$= 38,3 \text{ m}^3 + 38,3 \text{ m}^3 = 76,6 \text{ m}^3$$

Karena pada Underpass Pasuruan terdapat 11 Kolom / Pier, maka perhitungan volumenya adalah :

= total volume Pengecoran Pier 1 Kiri dan Kanan x 11

$$= 76,6 \text{ m}^3 \times 11$$

$$= 842,6 \text{ m}^3$$

2. Perhitungan Produktivitas.

Output piston side (DC) = 34 m³/jam

$$Q = DC \times Ek$$

$$= 34 \text{ m}^3 \times (0,83 \times 0,7 \times 0,75) = 14,8 \text{ m}^3/\text{jam}$$

3. Perhitungan Durasi.

Durasi pengecoran Kolom / Pier 1

- Diawali dengan pengecoran Pier 1 kiri

- Durasi persiapan

Sesuai tinjauan pustaka, asumsi persiapan = 0,75 jam

- Durasi pengecoran

$$\text{Durasi} = (38,3 / 14,8) = 2,6 \text{ jam}$$

- Durasi pergantian truck mixer

Kapasitas drum = 6 m³

$$\text{Durasi} = (38,3/6) \times 0,03 \text{ jam} = 0,19 \text{ jam}$$

- Durasi setelah pelaksanaan

Sesuai tinjauan pustaka, asumsi setelah pelaksanaan

$$= 0,53 \text{ jam}$$

- Setelah itu langsung melanjutkan pengecoran Pier 1 kanan
 - Durasi pengecoran
Durasi = $(38,3 / 14,8) = 2,6$ jam
 - Durasi pergantian tuck mixer
Kapasitas drum = 6 m³
Durasi = $(38,3/6) \times 0,03$ jam = 0,19 jam
 - Durasi setelah pelaksanaan
Sesuai tinjauan pustaka,asumsi setelah pelaksanaan
= 0,53 jam

Jadi, total durasinya adalah = 0,81 hari \approx 1 hari

Karena pada Underpass Pasuran terdapat 11 Kolom / Pier, maka perhitungan durasinya adalah :

- = durasi pengecoran Kolom / Pier 1 x 11
- = 1 x 11
- = 11 Hari

4.4.5 Pekerjaan Struktur Atas

Pekerjaan Struktur Atas pada proses pembangunan jembatan ini dimulai dengan pengerjaan Pier Head (Kepala Kolom) sampai dengan pekerjaan pembuatan Deck Slab (Pelat Lantai). Pada bagian ini akan dijelaskan metode pelaksanaan pekerjaan per item.

a. Pekerjaan Pier Head (Kepala Kolom).

Pier head adalah bagian kepala dari sebuah jembatan atau fly over. Pier head ini berfungsi sebagai tumpuan balok girder dari ujung satu ke ujung yang lainnya. Berikut ini adalah metode pekerjaan pembuatan pier head :

1. Scaffolding telah terpasang, lalu Lakukan perakitan tulangan di atas kolom untuk membuat pier head.
2. Kemudian lakukan Proses pemasangan bekisting, lalu masukkan cor2an ke dalamnya.
3. Bila sudah dilakukan pengecoran tunggu hingga kering.

- Perhitungan pekerjaan pemasangan Perancah PD8.

1. Perhitungan beban.

Sebelum menghitung volume perancah, diharuskan menghitung beban Pier Head yang akan ditopang oleh perancah.

Beban Pier Head pada Pier 1 (kanan-kiri) =
 $12.000 \text{ m}^3 \times 2500 \text{ kg/m}^3 = 7000 \text{ ton}$

Karena ada 11 Pier, maka total beban Pier Head pada Pier 1 adalah :

= $7000 \times 11 = 77000 \text{ ton}$

2. Perhitungan jumlah perancah.

Kapasitas Perancah adalah 5 ton/buah.

Maka jumlah total:

Pier Head pada Pier 1 (kanan-kiri) = 7000 ton
 $\div 5 \text{ ton/buah} = 140 \text{ buah}$.

Karena ada 11 Pier, maka total jumlah Perancah Pier Head pada Pier 1 adalah :

= $140 \times 11 = 1540 \text{ buah}$

3. Perhitungan durasi.

Dalam pekerjaan ini menggunakan 1 regu pekerja yang terdiri dari:

- Mandor (1 orang)

- Buruh (8 orang)

Produktivitas merangkai 1 regu = 10 buah/jam
 (data survey magang)

Maka durasi merangkai PD8:

- Pier Head pada Pier 1 (kanan-kiri) = 140 buah
 $\div 10 \text{ buah/jam} = 14 \text{ jam} \approx 2 \text{ hari}$

Karena ada 11 Pier, maka total durasi pemasangan Perancah Pier Head pada Pier 1 adalah :
 $= 2 \times 11 = 22 \text{ Hari}$

- Pekerjaan Pengangkatan Tulangan.

1. Perhitungan Volume.

Tabel 4. 18 Pier Head 1 Kiri

Tulangan	Jumlah Batang	Jumlah Bengkokan	Jumlah Kaitan	Berat Total (kg)
D32	66	132	132	6163,608
D25	412	853	412	8901,6235
D22	95	0	95	1149,386
D16	509	1760	509	2600,2692
D13	158	276	170	748,0096
D10	42	0	42	28,1352
TOTAL	1282	3021	1360	19591,0315

Faktor kehilangan tulangan (F_h) = 1,05

Volume tulangan = berat total $\times F_h$
 $= 19591,03 \times 1,05$
 $= 20570,58$

Kebutuhan kawat beton = $0,02 \times 20570,58$
 $= 411,41$

Total kebutuhan tulangan = 20981,99 kg

Tabel 4. 19 Pier Head 1 Kanan

Tulangan	Jumlah Batang	Jumlah Bengkokan	Jumlah Kaitan	Berat Total (kg)
D32	66	132	132	6163,608
D25	412	853	412	8901,6235

D22	95	0	95	1149,386
D16	509	1760	509	2600,2692
D13	158	276	170	748,0096
D10	42	0	42	28,1352
TOTAL	1282	3021	1360	19591,0315

Faktor kehilangan tulangan (F_h) = 1,05

$$\begin{aligned} \text{Volume tulangan} &= \text{berat total} \times F_h \\ &= 19591,03 \times 1,05 \\ &= 20570,58 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan kawat beton} &= 0,02 \times 20570,58 \\ &= 411,41 \end{aligned}$$

$$\text{Total kebutuhan tulangan} = 20981,99 \text{ kg}$$

Jadi, total kebutuhan tulangan Pier Head 1 Kiri dan Kanan adalah :

$$= 20981,99 \text{ kg} + 20981,99 \text{ kg} = 41963,98 \text{ kg}$$

Karena pada Underpass Pasuruan terdapat 11 Kolom / Pier, maka perhitungan volumenya adalah:

= total kebutuhan tulangan Pier Head 1 Kiri dan Kanan x 11

$$= 41963,98 \text{ kg} \times 11$$

$$= 461603,78 \text{ kg}$$

2. Perhitungan Produktivitas.

- Pengikatan tulangan dengan sling pada tali Crane (T_1) = 2 menit

- Pengangkatan dari elevasi awal menuju elevasi pengangkatan (ditentukan 12 meter)

$$\begin{aligned} (T_2) &= \frac{\text{jarak ketinggian}}{\text{kecepatan angkat}} = \frac{12 \text{ meter}}{57 \text{ meter/menit}} \\ &= 0,21 \text{ menit} \end{aligned}$$

- Perputaran / Swing

$$(T3) = \frac{\text{sudut swing}}{\text{kecepatan swing}} = \frac{120}{1180} = 0,1 \text{ menit}$$

- Penurunan dan Penataan Tulangan (T4) = 10 menit.

- Jadi, Total Durasinya adalah :

$$\begin{aligned} &= T1 + T2 + T3 + T4 \\ &= 2 + 0,21 + 0,1 + 10 \\ &= 12,31 \end{aligned}$$

- Siklus dalam 1 jam (N) = $\frac{60}{12,31} = 4,87$

- Qcrane = N × q × Ek × 8 jam
 = 4,87 × 1 × (0,83 × 0,8 × 0,75) × 8
 = 19,4 kali angkut/hari

Direncanakan sekali angkut membawa 150 kg tulangan

- Qpengangkatan = Qcrane × 150 kg
 = 19,4 × 150
 = 2910 kg /hari

3. Perhitungan Durasi.

- Durasi pada Span 1

$$\text{Durasi} = \frac{41963,98}{2910} = 14,42 \text{ hari}$$

Karena pada Underpass Pasuruan terdapat 11 Kolom / Pier, maka perhitungan durasinya adalah:

$$\begin{aligned} &= \text{Durasi pada Span 1 x 11} \\ &= 14,42 \text{ hari x 11} \\ &= 158,62 \text{ hari} \approx 159 \text{ hari} \end{aligned}$$

- Pekerjaan Pembesian Pier Head.

1. Perhitungan Volume.

Tabel 4. 20 Pier Head 1 Kiri

Tulangan	Jumlah Batang	Jumlah Bengkokan	Jumlah Kaitan	Berat Total (kg)
D32	66	132	132	6163,608
D25	412	853	412	8901,6235
D22	95	0	95	1149,386
D16	509	1760	509	2600,2692
D13	158	276	170	748,0096
D10	42	0	42	28,1352
TOTAL	1282	3021	1360	19591,0315

Faktor kehilangan tulangan (Fh) = 1,05

Volume tulangan = berat total × Fh

= 19591,03 × 1,05

= 20570,58

Kebutuhan kawat beton = 0,02 ×

20570,58

= 411,41

Total kebutuhan tulangan = 20981,99 kg

Tabel 4. 21 Pier Head 1 Kanan

Tulangan	Jumlah Batang	Jumlah Bengkokan	Jumlah Kaitan	Berat Total (kg)
D32	66	132	132	6163,608
D25	412	853	412	8901,6235
D22	95	0	95	1149,386
D16	509	1760	509	2600,2692
D13	158	276	170	748,0096
D10	42	0	42	28,1352
TOTAL	1282	3021	1360	19591,0315

Faktor kehilangan tulangan (Fh) = 1,05

Volume tulangan = berat total × Fh

= 19591,03 × 1,05

= 20570,58

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan kawat beton} &= 0,02 \times 20570,58 \\ &= 411,41\end{aligned}$$

$$\text{Total kebutuhan tulangan} = 20981,99 \text{ kg}$$

Jadi, total kebutuhan tulangan Pier Head 1 Kiri dan Kanan adalah :

$$= 20981,99 \text{ kg} + 20981,99 \text{ kg} = 41963,98 \text{ kg}$$

Karena pada Underpass Pasuruan terdapat 11 Kolom / Pier, maka perhitungan volumenya adalah:

= total kebutuhan tulangan Pier Head 1 Kiri dan Kanan x 11

$$= 41963,98 \text{ kg} \times 11$$

$$= 461603,78 \text{ kg}$$

2. Perhitungan Produktivitas.

Berdasarkan volume di atas, maka direncanakan menggunakan 6 grup pekerja. Produktivitas 1 regu pekerja, berdasarkan Permen PU 2016 adalah sebagai berikut:

- Jumlah pekerja direncanakan 20 orang
- Koefisien 1 pekerja adalah 0,7
- Produktivitas 1 orang = $100/0,7 = 142,9$ kg/hari
- Produktivitas total 2 grup = $142,9 \times 20 = 2858$ kg / hari.

3. Perhitungan Durasi.

- Durasi pada Span 1 :

$$\text{Durasi} = \frac{41963,98}{2858} = 14,7 \text{ hari}$$

Karena pada Underpass Pasuruan terdapat 11 Kolom / Pier, maka perhitungan durasinya adalah:

$$\begin{aligned}
 &= \text{Durasi pada Span } 1 \times 11 \\
 &= 14,7 \text{ hari} \times 11 \\
 &= 161,7 \text{ hari} \approx 162 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

- Pekerjaan Bekisting Pier Head.

1. Perhitungan Volume.

- Pierhead 1 kiri = luas permukaan (*sesuai shop drawing) = 191,8 m²
- Pierhead 1 kanan = luas permukaan (*sesuai shop drawing) = 191,8 m²

Jadi, total Volume Bekisting Pier Head 1 Kiri dan Kanan adalah :

$$= 191,8 \text{ m}^2 + 191,8 \text{ m}^2 = 383,6 \text{ m}^2$$

Karena pada Underpass Pasuruan terdapat 11 Kolom / Pier, maka perhitungan volumenya adalah:

$$\begin{aligned}
 &= \text{total Volume Bekisting Pier 1 Kiri dan Kanan} \\
 &\quad \times 11 \\
 &= 383,6 \text{ m}^2 \times 11 \\
 &= 4219,6 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Produktivitas.

Berdasarkan volume di atas, maka direncanakan menggunakan 6 grup pekerja. Produktivitas 1 regu pekerja berdasarkan Permen PU 2016 adalah sebagai berikut:

- Koefisien = 0,36
- Produktivitas = $1/0,36 = 2,8 \text{ m}^2/\text{hari}$

3. Perhitungan Durasi.

Durasi pada Pier Head 1 :

$$\begin{aligned}
 \text{Rencana jumlah pekerja} &= 20 \text{ orang} \\
 \text{Produktivitas} &= 2,8 \times 20 \\
 &= 56 \text{ m}^2/\text{hari} \\
 \text{Volume bekisting} &= 383,6 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Durasi bekisting} &= \text{volume} / \text{produktivitas} \\ &= 6,85 \text{ hari} \approx 7 \text{ hari} \end{aligned}$$

Jadi, Durasi pada Pier Head 1 adalah 7 hari

Karena pada Underpass Pasuruan terdapat 11 Kolom / Pier, maka perhitungan durasinya adalah :

$$\begin{aligned} &= \text{durasi pada Pier Head 1} \times 11 \\ &= 7 \times 11 \\ &= 77 \text{ Hari} \end{aligned}$$

- Pekerjaan Pengecoran Pier Head.

1. Perhitungan Volume.

$$\text{- Pier Head 1 kiri} = \text{luas alas} \times \text{tinggi} \text{ (*sesuai shop drawing)} = 122,6 \text{ m}^3$$

$$\text{- Pier Head 1 kanan} = \text{luas alas} \times \text{tinggi} \text{ (*sesuai shop drawing)} = 132,3 \text{ m}^3$$

Jadi, total volume Pengecoran Pier Head 1 Kiri dan Kanan adalah :

$$\begin{aligned} &= 122,6 \text{ m}^3 + 132,3 \text{ m}^3 \\ &= 254,9 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Karena pada Underpass Pasuruan terdapat 11 Kolom / Pier, maka perhitungan volumenya adalah:

$$\begin{aligned} &= \text{total volume Pengecoran Pier Head 1 Kiri dan Kanan} \times 11 \\ &= 254,9 \text{ m}^3 \times 11 \\ &= 2803,9 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Produktivitas.

$$\text{Output piston side (DC)} = 34 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\begin{aligned} Q &= \text{DC} \times \text{Ek} \\ &= 34 \text{ m}^3 \times (0,83 \times 0,7 \times 0,75) \\ &= 14,8 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

3. Perhitungan Durasi.

a. Durasi pengecoran pierhead 1 kiri.

- Durasi persiapan
 Sesuai tinjauan pustaka, asumsi persiapan
 $= 0,75$ jam
 - Durasi pengecoran
 $\text{Durasi} = (122,6 / 14,8) = 8,2$ jam
 - Durasi pergantian tuck mixer
 Kapasitas drum = 6 m³
 $\text{Durasi} = (122,6/6) \times 0,03$ jam = 0,6 jam
 - Durasi setelah pelaksanaan
 Sesuai tinjauan pustaka, asumsi setelah pelaksanaan = 0,53 jam
- Sehingga total durasi = 1,32 hari

b. Durasi pengecoran pierhead 1 kanan .

- Durasi persiapan
 Sesuai tinjauan pustaka, asumsi persiapan
 $= 0,75$ jam
 - Durasi pengecoran
 $\text{Durasi} = (132,3 / 14,8) = 8,9$ jam
 - Durasi pergantian tuck mixer
 Kapasitas drum = 6 m³
 $\text{Durasi} = (132,3/6) \times 0,03$ jam = 0,66 jam
 - Durasi setelah pelaksanaan
 Sesuai tinjauan pustaka,asumsi setelah pelaksanaan = 0,53 jam
- Sehingga total durasi = 1,38 hari

Jadi, total durasi Pengecoran Pier Head 1 Kiri dan Kanan adalah :
 $= 1,32$ hari + 1,38 hari
 $= 2,7$ hari ≈ 3 hari

Karena pada Underpass Pasuran terdapat 11 Kolom / Pier, maka perhitungan durasinya adalah :

=Durasi Pengecoran Pier Head 1 Kiri dan Kanan x11

= 3 x 11

= 33 Hari

b. Pekerjaan Mortar dan Bearing Pad.

Mortar adalah bagian dimana tempat bertumpunya bearing pad. Pada pekerjaan ini juga dilakukan pekerjaan bekisting dan cor beton. Bearing pad adalah karet alam berisi serat besi yang digunakan untuk menahan beban dari balok girder. Berikut ini adalah metode pembuatan mortar dan pemasangan bearing pad :

- Pasangkan bekisting pada tiap – tiap titik pemasangan bearing pad. Selanjutnya masukkan cor – coran ke dalam bekisting, disini cor – coran dimasukkan secara manual oleh tukang batu.
- Tunggu mortar sampai keadaan kering, lalu lakukan proses perawatan dengan curing.
- Kemudian Pasang bearing pad sesuai dengan elevasi yang diinginkan.
- Elastomeric Bearing Pad berfungsi sebagai bantalan penahan struktur jembatan. Bantalan ini diperlukan untuk menyalurkan reaksi girder (balok penopang jembatan) tanpa memberi tekanan berlebihan pada struktur sehingga jembatan dapat berfungsi sebagaimana mestinya.
- Bearing Pad yang dibutuhkan pada Underpass Pasuruan ini adalah :
 - Jumlah Span : 12 Span
 - Satu Span terdiri dari : 12 PCI Girder dan 24 Bearing Pad

Jadi untuk 12 Span membutuhkan Bearing Pad sebanyak :

= 24 x 12

= 288 Buah

c. Pekerjaan Stressing PCI Girder.

- Pekerjaan Stressing PCI Girder.

1. Metode pelaksanaan

a. Menyiapkan Strand.

Sebelumnya strand dipersiapkan ditempat yang sama untuk pelaksanaan stressing. Karena girder mempunyai bentang yang berbeda, maka potong strand sesuai jumlah dan kebutuhannya.

b. Instalasi Strand.

Jumlah strand dalam tendon berbeda-beda, sesuai dengan perencanaan. Untuk memudahkan dalam memasukan strand kedalam tendon, maka ujungnya digabungkan dengan lakban.

c. Setting Angkur Girder.

Dipasang angkur mati dan angkur sementara pada sisi girder yang sudah disusun sesuai perencanaan.

d. Pemberian Epoxy.

Epoxi berfungsi sebagai bahan untuk melekatkan permukaan segmen girder yang satu dengan yang lain. Sehingga memberikan kekuatan gesek yang cukup tinggi dan memberikan kemampuan tahanan kapasitas yang besar untuk menahan beban.

e. Proses Stressing.

Dalam proses stressing ini dibantu dengan alat dongkrak dengan spesifikasi berbeda-beda sesuai kebutuhan. Dalam penarikannya

setiap tendon, gaya yang dibutuhkan sesuai dengan perencanaan. Sebelum pelaksanaan penarikan strand maka dilakukan “Proposal Stressing” yang meliputi perhitungan perpanjangan, penentuan besar gaya penarikan, dan pembacaan tekanan yang akan diajukan terlebih dahulu untuk mendapatkan approval dari pihak konsultan pengawas.

1. Stressing baru dapat dilakukan jika mutu beton telah mencapai kekuatan awal yang ditentukan oleh konsultan perencana.
2. Stressing dilakukan mengikuti gaya (jacking force) yang telah direncanakan.
3. Gaya pada saat penarikan harus selalu dikontrol dengan membaca alat hidrolik dan perpanjangan strand yang terjadi. Perpanjangan yang terjadi dibandingkan dengan hitungan teoritis dari perencana.
4. Metode penarikan (stressing) ialah lubang tendon paling atas ditarik dahulu hingga 100% gaya penarikan, kemudian pindah ke lubang tendon dibawahnya dan ditarik 50% gaya penarikan. Kemudian pindah ke lubang tendon paling bawah dan ditarik 100% gaya penarikan. Setelah semua lubang tendon ditarik maka kembali lagi pada lubang tendon bagian tengah yang sebelumnya hanya ditarik 50% untuk ditarik lagi 50% berikutnya. Metode ini diambil untuk menjaga antar posisi girder agar menjadi satu kesatuan yang lurus (tidak terjadi geser saat penarikan).

f. Kontrol Chamber.

Setelah dilakukan proses stressing maka girder dibiarkan ± 24 jam, lalu dicek kondisi

girder tersebut. Hal ini untuk mengetahui jika keadaan girder tidak rusak (tidak timbul retakan horizontal dan vertikal) maka girder tersebut dapat dilanjutkan ke proses selanjutnya yaitu kontrol chamber. Kontrol Chamber digunakan untuk mengetahui kelengkungan dari girder. Dari hasil uji chamber ini diserahkan kepada konsultan untuk mendapat persetujuan ke langkah berikutnya.

- Pekerjaan pemotongan strand dan patching.

1. Metode pelaksanaan

a. Pemotongan strand.

Karena hasil dari stressing terjadi penambahan panjang dari strand yang masih dalam keadaan elastis. Sehingga harus dipotong dan dirapikan. Minimum strand dipotong 3 cm dari tepi luar jaws. Selanjutnya ancor head dengan strand yang telah dipotong ditutup dengan adukan semen pasir agar bahan grouting tidak keluar dari sela-sela strand (patching).

- Pekerjaan Grouting

1. Metode pelaksanaan

a. Grouting.

Sebelum pelaksanaan grouting, selongsong strand diisi dengan air bersih bila perlu disemprot angin dengan compressor, hal ini dilakukan agar didalamnya tetap bersih.

Pada proses ini, kami asumsikan seluruh Balok PCI Girder sudah dalam keadaan selesai di Stressing dan sudah siap untuk dilakukan Pemasangan / Erection PCI Girder

d. Pekerjaan Pemasangan Balok PCI Girder (Erection Girder).

Pada Pembangunan Underpass Pasuruan ini, dalam pelaksanaannya Erection Girder menggunakan metode Crawler Crane. Balok jembatan mempunyai fungsi sebagai pemikul beban bergerak (kendaraan, mobil, kereta api, dan manusia). Balok ini dapat dibuat dari beton, baja, atau kayu. Tetapi dalam proyek Tol ini menggunakan Balok Beton yaitu Precast Concrete type I. PCI Girder dipesan oleh PT.Wijaya Karya (Persero) Tbk, dan diproduksi oleh PT.Wika Beton Tbk, dengan spesifikasinya adalah Balok Girder type I dan mutu beton $F_c' 50$ Mpa.

- Pekerjaan Pengadaan PCI Girder.

1. Perhitungan Volume.

Pada Pembangunan Underpass Pasuruan ini terdapat 12 Span, yaitu :

- Span 1 (Kanan - Kiri) = 12 PCI Girder
- Span 2 (Kanan - Kiri) = 12 PCI Girder
- Span 3 (Kanan - Kiri) = 12 PCI Girder
- Span 4 (Kanan - Kiri) = 12 PCI Girder
- Span 5 (Kanan - Kiri) = 12 PCI Girder
- Span 6 (Kanan - Kiri) = 12 PCI Girder
- Span 7 (Kanan - Kiri) = 12 PCI Girder
- Span 8 (Kanan - Kiri) = 12 PCI Girder
- Span 9 (Kanan - Kiri) = 12 PCI Girder
- Span 10 (Kanan - Kiri) = 12 PCI Girder
- Span 11 (Kanan - Kiri) = 12 PCI Girder
- Span 12 (Kanan - Kiri) = 12 PCI Girder

Jadi, total jumlah PCI Girder pada Underpass Pasuruan adalah 144 buah

2. Perhitungan Produktivitas.

Sebelum menghitung produktivitas, dihitung durasi (Cycle Time) pada setiap sub-pekerjaan pada erection meliputi:

a. Span 1 (A1-P1).

- Pengikatan Balok PCI Girder dengan menggunakan Wire Sling (T1) = 8 menit

- Pengangkatan dari elevasi girder awal menuju elevasi pengangkatan girder (ditentukan 12 meter):

$$(T2) = \frac{\text{jarak ketinggian}}{\text{kecepatan angkat}} = \frac{12 \text{ meter}}{57 \text{ meter/menit}} \\ = 0,21 \text{ menit}$$

- Crawler crane berjalan dari stokyard menuju titik point erection :

$$(T3) = \frac{\text{jarak tempuh}}{\text{kecepatan Crawler Crane}} = \frac{15 \text{ meter}}{38 \text{ meter/menit}} \\ = 0.4 \text{ menit}$$

- Perputaran/swing

$$(T4) = \frac{\text{sudut swing}}{\text{kecepatan swing}} = \frac{120}{1180} = 0,1 \text{ menit}$$

- Penurunan dan perletakan PCI Girder ke bearing (T5) = 7 menit

- Pengelasan (T6) = 10 menit

- Crane kembali ke stokyard (T7) = 10 menit

- Sehingga Total durasi

$$= T1 + T2 + T3 + T4 + T5 + T6 + T7 \\ = 8 + 0,21 + 0,4 + 0,1 + 7 + 10 + 10 \\ = 35,71 \text{ menit}$$

$$\text{-Siklus dalam 1 jam (N)} = \frac{60}{35,71} = 1,68$$

$$\begin{aligned}
 -Q &= N \times q \times Ek \times 8 \text{ jam} \\
 &= 1,68 \times 1 \times (0,83 \times 0,8 \times 0,75) \times 8 \\
 &= 6,69 \approx 7 \text{ unit PCI Girder/hari}
 \end{aligned}$$

b. Span 2 (P1-P2).

-Pengkikatan Balok PCI Girder dengan menggunakan Wire Sling (T1) = 8 menit

-Pangkatan dari elevasi girder awal menuju elevasi pengangkatan girder (ditentukan 12 meter):

$$\begin{aligned}
 (T2) &= \frac{\text{jarak ketinggian}}{\text{kecepatan angkat}} = \frac{14 \text{ meter}}{57 \text{ meter/menit}} \\
 &= 0,25 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

-Crawler crane berjalan dari stokyard menuju titik point erection :

$$\begin{aligned}
 (T3) &= \frac{\text{jarak tempuh}}{\text{kecepatan Crawler Crane}} = \frac{14 \text{ meter}}{38 \text{ meter/menit}} \\
 &= 0,4 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

-Perputaran/swing

$$(T4) = \frac{\text{sudut swing}}{\text{kecepatan swing}} = \frac{120}{1180} = 0,1 \text{ menit}$$

-Penurunan dan perletakan PCI Girder ke bearing

(T5) = 15 menit

-Pengelasan (T6) = 10 menit

-Crane kembali ke stokyard (T7) = 10 menit

-Sehingga Total durasi

$$\begin{aligned}
 &= T1 + T2 + T3 + T4 + T5 + T6 + T7 \\
 &= 8 + 0,25 + 0,4 + 0,1 + 15 + 10 + 10 \\
 &= 43,75 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

$$\text{-Siklus dalam 1 jam (N)} = \frac{60}{43,75} = 1,37$$

-Q = N × q × Ek × 8 jam

$$\begin{aligned}
 &= 1,37 \times 1 \times (0,83 \times 0,8 \times 0,75) \times 8 \\
 &= 5,5 \approx 6 \text{ unit PCI Girder/hari}
 \end{aligned}$$

c. Span 3 (P2-P3).

-Pengikatan Balok PCI Girder dengan menggunakan Wire Sling (T1) = 9 menit

-Penggangkatan dari elevasi girder awal menuju elevasi pengangkatan girder (ditentukan 12 meter):

$$(T2) = \frac{\text{jarak ketinggian}}{\text{kecepatan angkat}} = \frac{13 \text{ meter}}{57 \text{ meter/menit}} = 0,23 \text{ menit}$$

-Crawler crane berjalan dari stokyard menuju titik point erection :

$$(T3) = \frac{\text{jarak tempuh}}{\text{kecepatan Crawler Crane}} = \frac{15 \text{ meter}}{38 \text{ meter/menit}} = 0.4 \text{ menit}$$

-Perputaran/swing

$$(T4) = \frac{\text{sudut swing}}{\text{kecepatan swing}} = \frac{120}{1180} = 0,1 \text{ menit}$$

-Penurunan dan perletakan PCI Girder ke bearing (T5) = 10 menit

-Pengelasan (T6) = 10 menit

-Crane kembali ke stokyard (T7) = 10 menit

-Sehingga Total durasi

$$\begin{aligned} &= T1 + T2 + T3 + T4 + T5 + T6 + T7 \\ &= 9 + 0,23 + 0,4 + 0,1 + 10 + 10 + 10 \\ &= 39,73 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\text{-Siklus dalam 1 jam (N)} = \frac{60}{39,73} = 1,51$$

$$\begin{aligned} \text{-Q} &= N \times q \times Ek \times 8 \text{ jam} \\ &= 1,51 \times 1 \times (0,83 \times 0,8 \times 0,75) \times 8 \\ &= 6,01 \approx 6 \text{ unit PCI Girder/hari} \end{aligned}$$

d. Span 4 (P3-P4).

-Pengikatan Balok PCI Girder dengan menggunakan Wire Sling (T1) = 9 menit

-Pengangkatan dari elevasi girder awal menuju elevasi pengangkatan girder (ditentukan 12 meter):

$$(T2) = \frac{\text{jarak ketinggian}}{\text{kecepatan angkat}} = \frac{13 \text{ meter}}{57 \text{ meter/menit}} = 0,23 \text{ menit}$$

-Crawler crane berjalan dari stokyard menuju titik point erection :

$$(T3) = \frac{\text{jarak tempuh}}{\text{kecepatan Crawler Crane}} = \frac{15 \text{ meter}}{38 \text{ meter/menit}} = 0.4 \text{ menit}$$

-Perputaran/swing

$$(T4) = \frac{\text{sudut swing}}{\text{kecepatan swing}} = \frac{120}{1180} = 0,1 \text{ menit}$$

-Penurunan dan perletakan PCI Girder ke bearing

$$(T5) = 10 \text{ menit}$$

-Pengelasan (T6) = 10 menit

-Crane kembali ke stokyard (T7) = 10 menit

-Sehingga Total durasi

$$\begin{aligned} &= T1 + T2 + T3 + T4 + T5 + T6 + T7 \\ &= 9 + 0,23 + 0,4 + 0,1 + 10 + 10 + 10 \\ &= 39,73 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\text{-Siklus dalam 1 jam (N)} = \frac{60}{39,73} = 1,51$$

$$\text{-Q} = N \times q \times Ek \times 8 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} &= 1,51 \times 1 \times (0,83 \times 0,8 \times 0,75) \times 8 \\ &= 6,01 \approx 6 \text{ unit PCI Girder/hari} \end{aligned}$$

e. Span 5 (P4-P5).

-Pengkaitan Balok PCI Girder dengan menggunakan Wire Sling (T1) = 9 menit

-Pengangkatan dari elevasi girder awal menuju elevasi pengangkatan girder (ditentukan 12 meter):

$$(T2) = \frac{\text{jarak ketinggian}}{\text{kecepatan angkat}} = \frac{13 \text{ meter}}{57 \text{ meter/menit}} = 0,23 \text{ menit}$$

-Crawler crane berjalan dari stokyard menuju titik point erection :

$$(T3) = \frac{\text{jarak tempuh}}{\text{kecepatan Crawler Crane}} = \frac{15 \text{ meter}}{38 \text{ meter/menit}} = 0.4 \text{ menit}$$

-Perputaran/swing

$$(T4) = \frac{\text{sudut swing}}{\text{kecepatan swing}} = \frac{120}{1180} = 0,1 \text{ menit}$$

-Penurunan dan perletakan PCI Girder ke bearing

(T5) = 10 menit

-Pengelasan (T6) = 10 menit

-Crane kembali ke stokyard (T7) = 10 menit

-Sehingga Total durasi

$$\begin{aligned} &= T1 + T2 + T3 + T4 + T5 + T6 + T7 \\ &= 9 + 0,23 + 0,4 + 0,1 + 10 + 10 + 10 \\ &= 39,73 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\text{-Siklus dalam 1 jam (N)} = \frac{60}{39,73} = 1,51$$

$$\begin{aligned} \text{-Q} &= N \times q \times Ek \times 8 \text{ jam} \\ &= 1,51 \times 1 \times (0,83 \times 0,8 \times 0,75) \times 8 \\ &= 6,01 \approx 6 \text{ unit PCI Girder/hari} \end{aligned}$$

f. Span 6 (P5-P6).

-Pengkikatan Balok PCI Girder dengan menggunakan Wire Sling (T1) = 9 menit

-Pangkatan dari elevasi girder awal menuju elevasi pengangkatan girder (ditentukan 12 meter):

$$(T2) = \frac{\text{jarak ketinggian}}{\text{kecepatan angkat}} = \frac{13 \text{ meter}}{57 \text{ meter/menit}} = 0,23 \text{ menit}$$

-Crawler crane berjalan dari stokyard menuju titik point erection :

$$(T3) = \frac{\text{jarak tempuh}}{\text{kecepatan Crawler Crane}} = \frac{15 \text{ meter}}{38 \text{ meter/menit}} = 0.4 \text{ menit}$$

-Perputaran/swing

$$(T4) = \frac{\text{sudut swing}}{\text{kecepatan swing}} = \frac{120}{1180} = 0,1 \text{ menit}$$

-Penurunan dan perletakan PCI Girder ke bearing

$$(T5) = 10 \text{ menit}$$

-Pengelasan (T6) = 10 menit

-Crane kembali ke stokyard (T7) = 10 menit

-Sehingga Total durasi

$$\begin{aligned} &= T1 + T2 + T3 + T4 + T5 + T6 + T7 \\ &= 9 + 0,23 + 0,4 + 0,1 + 10 + 10 + 10 \\ &= 39,73 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\text{-Siklus dalam 1 jam (N)} = \frac{60}{39,73} = 1,51$$

$$\text{-Q} = N \times q \times Ek \times 8 \text{ jam}$$

$$= 1,51 \times 1 \times (0,83 \times 0,8 \times 0,75) \times 8$$

$$= 6,01 \approx 6 \text{ unit PCI Girder/hari}$$

g. Span 7 (P6-P7).

-Pengkikatan Balok PCI Girder dengan menggunakan Wire Sling (T1) = 9 menit

-Pangkatan dari elevasi girder awal menuju elevasi pengangkatan girder (ditentukan 12 meter):

$$(T2) = \frac{\text{jarak ketinggian}}{\text{kecepatan angkat}} = \frac{13 \text{ meter}}{57 \text{ meter/menit}} = 0,23 \text{ menit}$$

-Crawler crane berjalan dari stokyard menuju titik point erection :

$$(T3) = \frac{\text{jarak tempuh}}{\text{kecepatan Crawler Crane}} = \frac{15 \text{ meter}}{38 \text{ meter/menit}} \\ = 0.4 \text{ menit}$$

-Perputaran/swing

$$(T4) = \frac{\text{sudut swing}}{\text{kecepatan swing}} = \frac{120}{1180} = 0,1 \text{ menit}$$

-Penurunan dan perletakan PCI Girder ke bearing

$$(T5) = 10 \text{ menit}$$

-Pengelasan (T6) = 10 menit

-Crane kembali ke stokyard (T7) = 10 menit

-Sehingga Total durasi

$$= T1 + T2 + T3 + T4 + T5 + T6 + T7 \\ = 9 + 0,23 + 0,4 + 0,1 + 10 + 10 + 10 \\ = 39,73 \text{ menit}$$

$$\text{-Siklus dalam 1 jam (N)} = \frac{60}{39,73} = 1,51$$

$$\text{-Q} = N \times q \times Ek \times 8 \text{ jam}$$

$$= 1,51 \times 1 \times (0,83 \times 0,8 \times 0,75) \times 8 \\ = 6,01 \approx 6 \text{ unit PCI Girder/hari}$$

h. Span 8 (P7-P8).

-Pengkikatan Balok PCI Girder dengan menggunakan Wire Sling (T1) = 9 menit

-Pangkatan dari elevasi girder awal menuju elevasi pengangkatan girder (ditentukan 12 meter):

$$(T2) = \frac{\text{jarak ketinggian}}{\text{kecepatan angkat}} = \frac{13 \text{ meter}}{57 \text{ meter/menit}} = 0,23 \text{ menit}$$

-Crawler crane berjalan dari stokyard menuju titik point erection :

$$(T3) = \frac{\text{jarak tempuh}}{\text{kecepatan Crawler Crane}} = \frac{15 \text{ meter}}{38 \text{ meter/menit}} \\ = 0.4 \text{ menit}$$

-Perputaran/swing

$$(T4) = \frac{\text{sudut swing}}{\text{kecepatan swing}} = \frac{120}{1180} = 0,1 \text{ menit}$$

-Penurunan dan perletakan PCI Girder ke bearing

$$(T5) = 10 \text{ menit}$$

-Pengelasan (T6) = 10 menit

-Crane kembali ke stokyard (T7) = 10 menit

-Sehingga Total durasi

$$\begin{aligned} &= T1 + T2 + T3 + T4 + T5 + T6 + T7 \\ &= 9 + 0,23 + 0,4 + 0,1 + 10 + 10 + 10 \\ &= 39,73 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\text{-Siklus dalam 1 jam (N)} = \frac{60}{39,73} = 1,51$$

-Q = N × q × Ek × 8 jam

$$\begin{aligned} &= 1,51 \times 1 \times (0,83 \times 0,8 \times 0,75) \times 8 \\ &= 6,01 \approx 6 \text{ unit PCI Girder/hari} \end{aligned}$$

i. Span 9 (P8-P9).

-Pengikatan Balok PCI Girder dengan menggunakan Wire Sling (T1) = 9 menit

-Pangkatan dari elevasi girder awal menuju elevasi pengangkatan girder (ditentukan 12 meter):

$$(T2) = \frac{\text{jarak ketinggian}}{\text{kecepatan angkat}} = \frac{13 \text{ meter}}{57 \text{ meter/menit}} = 0,23 \text{ menit}$$

-Crawler crane berjalan dari stokyard menuju titik point erection :

$$(T3) = \frac{\text{jarak tempuh}}{\text{kecepatan Crawler Crane}} = \frac{15 \text{ meter}}{38 \text{ meter/menit}} = 0,4 \text{ menit}$$

-Perputaran/swing

$$(T4) = \frac{\text{sudut swing}}{\text{kecepatan swing}} = \frac{120}{1180} = 0,1 \text{ menit}$$

-Penurunan dan perletakan PCI Girder ke bearing
(T5) = 10 menit

-Pengelasan (T6) = 10 menit

-Crane kembali ke stokyard (T7) = 10 menit

-Sehingga Total durasi

$$= T1 + T2 + T3 + T4 + T5 + T6 + T7$$

$$= 9 + 0,23 + 0,4 + 0,1 + 10 + 10 + 10$$

$$= 39,73 \text{ menit}$$

$$\text{-Siklus dalam 1 jam (N)} = \frac{60}{39,73} = 1,51$$

$$\text{-Q} = N \times q \times Ek \times 8 \text{ jam}$$

$$= 1,51 \times 1 \times (0,83 \times 0,8 \times 0,75) \times 8$$

$$= 6,01 \approx 6 \text{ unit PCI Girder/hari}$$

j. Span 10 (P9-P10).

-Penggikatan Balok PCI Girder dengan menggunakan Wire Sling (T1) = 9 menit

-Pengangkatan dari elevasi girder awal menuju elevasi pengangkatan girder (ditentukan 12 meter):

$$(T2) = \frac{\text{jarak ketinggian}}{\text{kecepatan angkat}} = \frac{13 \text{ meter}}{57 \text{ meter/menit}} = 0,23 \text{ menit}$$

-Crawler crane berjalan dari stokyard menuju titik point erection :

$$(T3) = \frac{\text{jarak tempuh}}{\text{kecepatan Crawler Crane}} = \frac{15 \text{ meter}}{38 \text{ meter/menit}} = 0,4 \text{ menit}$$

-Perputaran/swing

$$(T4) = \frac{\text{sudut swing}}{\text{kecepatan swing}} = \frac{120}{1180} = 0,1 \text{ menit}$$

-Penurunan dan perletakan PCI Girder ke bearing
(T5) = 10 menit

- Pengelasan (T6) = 10 menit
- Crane kembali ke stokyard (T7) = 10 menit

$$\begin{aligned}
 &\text{-Sehingga Total durasi} \\
 &= T1 + T2 + T3 + T4 + T5 + T6 + T7 \\
 &= 9 + 0,23 + 0,4 + 0,1 + 10 + 10 + 10 \\
 &= 39,73 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

$$\text{-Siklus dalam 1 jam (N)} = \frac{60}{39,73} = 1,51$$

$$\begin{aligned}
 \text{-Q} &= N \times q \times Ek \times 8 \text{ jam} \\
 &= 1,51 \times 1 \times (0,83 \times 0,8 \times 0,75) \times 8 \\
 &= 6,01 \approx 6 \text{ unit PCI Girder/hari}
 \end{aligned}$$

k. Span 11 (P10-P11).

- Pengkikatan Balok PCI Girder dengan menggunakan Wire Sling (T1) = 8 menit

- Pangkatan dari elevasi girder awal menuju elevasi pengangkatan girder (ditentukan 12 meter):

$$\begin{aligned}
 (T2) &= \frac{\text{jarak ketinggian}}{\text{kecepatan angkat}} = \frac{14 \text{ meter}}{57 \text{ meter/menit}} \\
 &= 0,25 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

- Crawler crane berjalan dari stokyard menuju titik point erection :

$$\begin{aligned}
 (T3) &= \frac{\text{jarak tempuh}}{\text{kecepatan Crawler Crane}} = \frac{14 \text{ meter}}{38 \text{ meter/menit}} \\
 &= 0,4 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

- Perputaran/swing

$$(T4) = \frac{\text{sudut swing}}{\text{kecepatan swing}} = \frac{120}{1180} = 0,1 \text{ menit}$$

- Penurunan dan perletakan PCI Girder ke bearing (T5) = 15 menit

- Pengelasan (T6) = 10 menit

- Crane kembali ke stokyard (T7) = 10 menit

-Sehingga Total durasi

$$\begin{aligned}
 &= T1 + T2 + T3 + T4 + T5 + T6 + T7 \\
 &= 8 + 0,25 + 0,4 + 0,1 + 15 + 10 + 10 \\
 &= 43,75 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

$$\text{-Siklus dalam 1 jam (N)} = \frac{60}{43,75} = 1,37$$

$$\begin{aligned}
 \text{-Q} &= N \times q \times Ek \times 8 \text{ jam} \\
 &= 1,37 \times 1 \times (0,83 \times 0,8 \times 0,75) \times 8 \\
 &= 5,5 \approx 6 \text{ unit PCI Girder/hari}
 \end{aligned}$$

1. Span 12 (P11-P12).

-Pengikatan Balok PCI Girder dengan menggunakan Wire Sling (T1) = 8 menit

-Pengangkatan dari elevasi girder awal menuju elevasi pengangkatan girder (ditentukan 12 meter):

$$\begin{aligned}
 (T2) &= \frac{\text{jarak ketinggian}}{\text{kecepatan angkat}} = \frac{12 \text{ meter}}{57 \text{ meter/menit}} \\
 &= 0,21 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

-Crawler crane berjalan dari stokyard menuju titik point erection :

$$\begin{aligned}
 (T3) &= \frac{\text{jarak tempuh}}{\text{kecepatan Crawler Crane}} = \frac{15 \text{ meter}}{38 \text{ meter/menit}} \\
 &= 0,4 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

-Perputaran/swing

$$(T4) = \frac{\text{sudut swing}}{\text{kecepatan swing}} = \frac{120}{1180} = 0,1 \text{ menit}$$

-Penurunan dan perletakan PCI Girder ke bearing (T5) = 7 menit

-Pengelasan (T6) = 10 menit

-Crane kembali ke stokyard (T7) = 10 menit

-Sehingga Total durasi

$$\begin{aligned}
 &= T1 + T2 + T3 + T4 + T5 + T6 + T7 \\
 &= 8 + 0,21 + 0,4 + 0,1 + 7 + 10 + 10 \\
 &= 35,71 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

$$\text{-Siklus dalam 1 jam (N)} = \frac{60}{35,71} = 1,68$$

$$\begin{aligned} \text{-Q} &= N \times q \times Ek \times 8 \text{ jam} \\ &= 1,68 \times 1 \times (0,83 \times 0,8 \times 0,75) \times 8 \\ &= 6,69 \approx 7 \text{ unit PCI Girder/hari} \end{aligned}$$

3. Perhitungan Durasi.

Durasi = volume / produktivitas

$$\text{-A1 - P1} = \frac{12 \text{ Girder}}{7 \text{ Girder/hari}} = 1,7 \approx 2 \text{ hari}$$

$$\text{-P1 - P2} = \frac{12 \text{ Girder}}{6 \text{ Girder/hari}} = 2 \text{ hari}$$

$$\text{-P2 - P3} = \frac{12 \text{ Girder}}{6 \text{ Girder/hari}} = 2 \text{ hari}$$

$$\text{-P3 - P4} = \frac{12 \text{ Girder}}{6 \text{ Girder/hari}} = 2 \text{ hari}$$

$$\text{-P4 - P5} = \frac{12 \text{ Girder}}{6 \text{ Girder/hari}} = 2 \text{ hari}$$

$$\text{-P5 - P6} = \frac{12 \text{ Girder}}{6 \text{ Girder/hari}} = 2 \text{ hari}$$

$$\text{-P6 - P7} = \frac{12 \text{ Girder}}{6 \text{ Girder/hari}} = 2 \text{ hari}$$

$$\text{-P7 - P8} = \frac{12 \text{ Girder}}{6 \text{ Girder/hari}} = 2 \text{ hari}$$

$$\text{-P8 - P9} = \frac{12 \text{ Girder}}{6 \text{ Girder/hari}} = 2 \text{ hari}$$

$$\text{-P9 - P10} = \frac{12 \text{ Girder}}{6 \text{ Girder/hari}} = 2 \text{ hari}$$

$$\text{-P10 - P11} = \frac{12 \text{ Girder}}{6 \text{ Girder/hari}} = 2 \text{ hari}$$

$$-P11 - A2 = \frac{12 \text{ Girder}}{7 \text{ Girder/hari}} = 1,7 \approx 2 \text{ hari}$$

Jadi, total durasi Erection Girder pada Underpass Pasuruan adalah 24 hari

e. Pekerjaan Pemasangan Diafragma.

-Pekerjaan Pengangkatan Tulangan.

1. Perhitungan Volume.

Tabel 4. 22 Perhitungan Volume Diafragma Span 1 (Kanan – Kiri)

Tulangan	Jumlah Batang	Jumlah Bengkokan	Jumlah Kaitan	Berat (kg)
D22	330	0	330	1255,176
D16	120	480	210	615,726
D13	384	480	504	691,392
TOTAL	834	960	1044	2562,294

Faktor kehilangan tulangan (Fh) = 1,05

$$\begin{aligned} \text{Volume tulangan} &= \text{berat total} \times Fh \\ &= 2562,29 \times 1,05 \\ &= 2690,4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan kawat beton} &= 0,02 \times 2690,4 \\ &= 53,81 \end{aligned}$$

Total kebutuhan tulangan = 2744,21 kg

Karena pada Underpass Pasuruan terdapat 12 Span, maka perhitungan volumenya adalah:

$$\begin{aligned} &= \text{total kebutuhan tulangan Span 1 (Kiri dan Kanan)} \times 12 \\ &= 2744,21 \text{ kg} \times 12 \\ &= \mathbf{32930,52 \text{ kg}} \end{aligned}$$

2. Perhitungan Produktivitas.

-Pengikatan tulangan dengan sling pada tali Crane (T1) = 2 menit

-Pengangkatan dari elevasi awal menuju elevasi pengangkatan (ditentukan 12 meter)

$$(T2) = \frac{\text{jarak ketinggian}}{\text{kecepatan angkat}} = \frac{12 \text{ meter}}{57 \text{ meter/menit}} \\ = 0,21 \text{ menit}$$

-Perputaran / Swing

$$(T3) = \frac{\text{sudut swing}}{\text{kecepatan swing}} = \frac{120}{1180} = 0,1 \text{ menit}$$

-Penurunan dan Penataan Tulangan (T4)

$$= 10 \text{ menit.}$$

-Jadi, Total Durasinya adalah :

$$= T1 + T2 + T3 + T4 \\ = 2 + 0,21 + 0,1 + 10 \\ = 12,31$$

$$\text{-Siklus dalam 1 jam (N)} = \frac{60}{12,31} = 4,87$$

$$\text{-Qcrane} = N \times q \times Ek \times 8 \text{ jam}$$

$$= 4,87 \times 1 \times (0,83 \times 0,8 \times 0,75) \times 8 \\ = 19,4 \text{ kali angkut/hari}$$

Direncanakan sekali angkut membawa 150 kg tulangan

$$\text{-Qpengangkatan} = \text{Qcrane} \times 150 \text{ kg} \\ = 19,4 \times 150 \\ = 2910 \text{ kg /hari}$$

3. Perhitungan Durasi.

- Durasi pada Span 1

$$\text{Durasi} = \frac{2744,21}{2910} = 0,94 \text{ hari}$$

Karena pada Underpass Pasuruan terdapat 12 Span, maka perhitungan durasinya adalah:

$$= \text{Durasi pada Span 1} \times 12 \\ = 0,94 \text{ hari} \times 12 \\ = 11,28 \text{ hari} \approx 11 \text{ hari}$$

- Pekerjaan Pembesian Diafragma

1. Perhitungan Volume.

*Tabel 4. 23 Perhitungan Volume Tulangan
Diafragma Span 1 (Kanan – Kiri)*

Tulangan	Jumlah Batang	Jumlah Bengkokan	Jumlah Kaitan	Berat (kg)
D22	330	0	330	1255,176
D16	120	480	210	615,726
D13	384	480	504	691,392
TOTAL	834	960	1044	2562,294

Faktor kehilangan tulangan (F_h) = 1,05

$$\begin{aligned} \text{Volume tulangan} &= \text{berat total} \times F_h \\ &= 2562,29 \times 1,05 \\ &= 2690,4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan kawat beton} &= 0,02 \times 2690,4 \\ &= 53,81 \end{aligned}$$

Total kebutuhan tulangan = 2744,21 kg

Karena pada Underpass Pasuruan terdapat 12 Span, maka perhitungan volumenya adalah:

$$\begin{aligned} &= \text{total kebutuhan tulangan Span 1 (Kiri dan Kanan)} \times 12 \\ &= 2744,21 \text{ kg} \times 12 \\ &= \mathbf{32930,52 \text{ kg}} \end{aligned}$$

2. Perhitungan Produktivitas.

Berdasarkan volume di atas, maka direncanakan menggunakan 6 grup pekerja. Produktivitas 1 regu pekerja, berdasarkan Permen PU 2016 adalah sebagai berikut:

-Jumlah pekerja direncanakan 20 orang

-Koefisien 1 pekerja adalah 0,7

-Produktivitas 1 orang = $100/0,7 = 142,9 \text{ kg/hari}$

-Produktivitas total 2 grup = $142,9 \times 20 = 2858$ kg / hari.

3. Perhitungan Durasi.

- Durasi pada Span 1 :

$$\text{Durasi} = \frac{2744,21}{2858} = 0,96 \text{ hari}$$

Karena pada Underpass Pasuruan terdapat 12 Span, maka perhitungan durasinya adalah:

$$\begin{aligned} &= \text{Durasi pada Span 1} \times 12 \\ &= 0,96 \text{ hari} \times 12 \\ &= 11,52 \text{ hari} \approx 12 \text{ hari} \end{aligned}$$

- Pekerjaan Bekisting Diafragma.

1. Perhitungan Volume.

- Diafragma Tengah Span 1 = luas permukaan (*sesuai shop drawing) $\times 15 = 87,5$ m²

- Diafragma Tepi Span 1 = luas permukaan (*sesuai shop drawing) $\times 10 = 33,6$ m²

Jadi, total Volume Bekisting Diafragma Span 1 adalah :

$$= 87,5 \text{ m}^2 + 33,6 \text{ m}^2 = 121,1 \text{ m}^2$$

Karena pada Underpass Pasuruan terdapat 12 Span, maka perhitungan volumenya adalah:

$$\begin{aligned} &= \text{total Volume Bekisting Diafragma Span 1} \times 12 \\ &= 121,1 \text{ m}^2 \times 12 = 1453,2 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Produktivitas.

Berdasarkan volume di atas, maka direncanakan menggunakan 6 grup pekerja. Produktivitas 1 regu pekerja berdasarkan Permen PU 2016 adalah sebagai berikut:

-Koefisien = 0,36

-Produktivitas = $1/0,36 = 2,8$ m²/hari

3. Perhitungan Durasi.

- Durasi pada Span 1 :

Rencana jumlah pekerja = 20 orang

Produktivitas = 2,8 x 20

= 56 m²/hari

Volume bekisting = 121,1 m²

Durasi bekisting = volume / produktivitas

= 2,1625 hari ≈ 2 hari

Jadi, Durasi pada Span 1 adalah 2 hari

Karena pada Underpass Pasuran terdapat 12 Span, maka perhitungan durasinya adalah :

= durasi pada Span 1 x 12

= 2 x 12

= 24 Hari

- Pekerjaan Pengecoran Diafragma.

1. Perhitungan Volume.

- Diafragma Tengah Span 1 = luas alas x tinggi

(*sesuai shop drawing) x 15 = 8,2 m³

- Diafragma Tepi Span 1 = luas alas x tinggi

(*sesuai shop drawing) x 10 = 6,4 m³

Jadi, total Volume Pengecoran Diafragma Span 1 adalah :

= 8,2 m³ + 6,4 m³ = 14,6 m³

Karena pada Underpass Pasuruan terdapat 12 Span maka perhitungan volumenya adalah:

= total Volume Pengecoran Diafragma Span 1 x 12

= 14,6 m³ x 12

= 175,2 m³

2. Perhitungan Produktivitas.

Output piston side (DC) = 34 m³/jam

$$\begin{aligned}
 Q &= DC \times Ek \\
 &= 34 \text{ m}^3 \times (0,83 \times 0,7 \times 0,75) \\
 &= 14,8 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan Durasi.

- Durasi pengecoran Span 1.

-Durasi persiapan

Sesuai tinjauan pustaka, asumsi persiapan
= 0,75 jam

-Durasi pengecoran

Durasi = $(14,6 / 14,8) = 0,99$ jam

-Durasi perpindahan selang cor

Durasi = 5 menit x 25 = 125 menit = 2,08 jam

-Durasi pergantian tuck mixer

Kapasitas drum = 6 m³

Durasi = $(14,6/6) \times 0,03$ jam = 0,07 jam

-Durasi setelah pelaksanaan

Sesuai tinjauan pustaka, asumsi setelah
pelaksanaan = 0,53 jam

Sehingga total durasi = 0,2 hari

Karena pada Underpass Pasuran terdapat 12 Span,
maka perhitungan durasinya adalah :

= Durasi Pengecoran Span 1 x12

= 0,2 x 12

= 2,4 \approx 3 Hari

f. Pekerjaan Deck Slab (Pelat Lantai).

- Pekerjaan Pemasangan Boundex.

1. Perhitungan Volume.

- Span 1 = $(27 \text{ meter} \div 1 \text{ meter}) \times 5 = 135$ buah

Karena pada Underpass Pasuruan terdapat 12
Span maka perhitungan volumenya adalah:

$$\begin{aligned}
 &= \text{total Volume Boundex Span 1} \times 12 \\
 &= 135 \text{ buah} \times 12 \\
 &= 1620 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Produktivitas.

Pada pekerjaan ini menggunakan 2 grup pekerja yang terdiri dari:

- 1 Mandor
- 5 pekerja

Produktivitas 1 regu = 20 buah/jam (data survey magang)

3. Perhitungan Durasi.

$$\text{Durasi Span 1} = \frac{135:20 \text{ buah/jam}}{8 \text{ jam/hari} \times 2 \text{ grup}} = 0,55 \text{ hari}$$

Jadi, total Durasi Pemasangan Boundex Span 1 adalah 0,55 hari \approx 1 hari

Karena pada Underpass Pasuran terdapat 12 Span, maka perhitungan durasinya adalah :

$$\begin{aligned}
 &= \text{Durasi Pemasangan Boundex Span 1} \times 12 \\
 &= 1 \times 12 = 12 \text{ Hari}
 \end{aligned}$$

- Pekerjaan Pengangkatan Tulangan.

1. Perhitungan Volume.

Tabel 4. 24 Perhitungan Volume Pelat Lantai Span 1

Tulangan	Jumlah Batang	Jumlah Bengkokan	Jumlah Kaitan	Berat (kg)
D16	692	1384	1384	1465,024
D13	1790	4128	2558	9167,6416
TOTAL	2482	5512	3942	23818,6656

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor kehilangan tulangan (Fh)} &= 1,05 \\
 \text{Volume tulangan} &= \text{berat total} \times \text{Fh} \\
 &= 23818,66 \times 1,05 \\
 &= 25009,59 \\
 \text{Kebutuhan kawat beton} &= 0,02 \times 25009,59 \\
 &= 500,19 \\
 \text{Total kebutuhan tulangan} &= 25509,78 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Karena pada Underpass Pasuruan terdapat 12 Span, maka perhitungan volumenya adalah:
 = total Kebutuhan Tulangan Span 1 (Kiri dan Kanan) x 12
 = 25509,78 kg x 12
 = 306117,36 kg

2. Perhitungan Produktivitas.

-Pengkikatan tulangan dengan sling pada tali Crane (T1) = 2 menit

-Pegangakatan dari elevasi awal menuju elevasi pengangkatan (ditentukan 12 meter)

$$\begin{aligned}
 (T2) &= \frac{\text{jarak ketinggian}}{\text{kecepatan angkat}} = \frac{12 \text{ meter}}{57 \text{ meter/menit}} \\
 &= 0,21 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

-Perputaran / Swing

$$(T3) = \frac{\text{sudut swing}}{\text{kecepatan swing}} = \frac{120}{1180} = 0,1 \text{ menit}$$

-Penurunan dan Penataan Tulangan (T4)

$$= 10 \text{ menit.}$$

-Jadi, Total Durasinya adalah :

$$\begin{aligned}
 &= T1 + T2 + T3 + T4 \\
 &= 2 + 0,21 + 0,1 + 10 \\
 &= 12,31
 \end{aligned}$$

$$\text{-Siklus dalam 1 jam (N)} = \frac{60}{12,31} = 4,87$$

$$\begin{aligned}
 -Q_{\text{crane}} &= N \times q \times E_k \times 8 \text{ jam} \\
 &= 4,87 \times 1 \times (0,83 \times 0,8 \times 0,75) \times 8 \\
 &= 19,4 \text{ kali angkut/hari}
 \end{aligned}$$

Direncanakan sekali angkut membawa 150 kg tulangan

$$\begin{aligned}
 -Q_{\text{pengangkatan}} &= Q_{\text{crane}} \times 150 \text{ kg} \\
 &= 19,4 \times 150 \\
 &= 2910 \text{ kg /hari}
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan Durasi.

- Durasi pada Span 1

$$\text{Durasi} = \frac{25509,78}{2910} = 8,77 \text{ hari}$$

Karena pada Underpass Pasuruan terdapat 12 Span, maka perhitungan durasinya adalah:

$$\begin{aligned}
 &= \text{Durasi pada Span 1} \times 12 \\
 &= 8,77 \text{ hari} \times 12 \\
 &= 105,24 \text{ hari} \approx 105 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

- Pekerjaan Pembesian Pelat Lantai.

1. Perhitungan Volume.

Tabel 4. 25 Perhitungan Volume Tulangan Pelat Lantai Span 1

Tulangan	Jumlah Batang	Jumlah Bengkokan	Jumlah Kaitan	Berat (kg)
D16	692	1384	1384	1465,024
D13	1790	4128	2558	9167,6416
TOTAL	2482	5512	3942	23818,6656

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor kehilangan tulangan (Fh)} &= 1,05 \\
 \text{Volume tulangan} &= \text{berat total} \times Fh \\
 &= 23818,66 \times 1,05 \\
 &= 25009,59 \\
 \text{Kebutuhan kawat beton} &= 0,02 \times 25009,59 \\
 &= 500,19
 \end{aligned}$$

Total kebutuhan tulangan = 25509,78 kg

Karena pada Underpass Pasuruan terdapat 12 Span, maka perhitungan volumenya adalah:

= total Kebutuhan Tulangan Span 1 (Kiri dan Kanan) x 12
 = 25509,78 kg x 12
 = 306117,36 kg

2. Perhitungan Produktivitas.

Berdasarkan volume di atas, maka direncanakan menggunakan 6 grup pekerja. Produktivitas 1 regu pekerja, berdasarkan Permen PU 2016 adalah sebagai berikut:

-Jumlah pekerja direncanakan 20 orang
 -Koefisien 1 pekerja adalah 0,7
 -Produktivitas 1 orang = $100/0,7 = 142,9$ kg/hari
 -Produktivitas total 2 grup = $142,9 \times 20 = 2858$ kg / hari.

3. Perhitungan Durasi.

- Durasi pada Span 1

$$\text{Durasi} = \frac{25509,78}{2858} = 8,9 \text{ hari}$$

Karena pada Underpass Pasuruan terdapat 12 Span, maka perhitungan durasinya adalah:

= Durasi pada Span 1 x 12
 = 8,9 hari x 12
 = 106,8 hari \approx 106 hari

- Pekerjaan Bekisting Pelat Lantai.

1. Perhitungan Volume.

- Span 1 = luas permukaan (*sesuai shop drawing) = 17,4 m²

Karena pada Underpass Pasuruan terdapat 12 Span, maka perhitungan volumenya adalah:
 = Volume Bekisting Pelat Lantai Span 1 x 12
 = 17,4 m² x 12
 = 208,8 m²

2. Perhitungan Produktivitas.

Berdasarkan volume di atas, maka direncanakan menggunakan 6 grup pekerja. Produktivitas 1 regu pekerja berdasarkan Permen PU 2016 adalah sebagai berikut:

-Koefisien = 0,36

-Produktivitas = $1/0,36 = 2,8$ m²/hari

3. Perhitungan Durasi.

- Durasi pada Span 1 :

Rencana jumlah pekerja = 20 orang

Produktivitas = 2,8 x 20

= 56 m²/hari

Volume bekisting = 17,4 m²

Durasi bekisting = volume / produktivitas

= 0,31 hari ≈ 1 hari

Jadi, Durasi pada Span 1 adalah 1 hari

Karena pada Underpass Pasuruan terdapat 12 Span, maka perhitungan durasinya adalah :

= Durasi pada Span 1 x 12

= 1 x 12

= 12 Hari

- Pekerjaan Pengecoran Pelat Lantai.

1. Perhitungan Volume.

- Volume Pelat Lantai Span 1 = luas alas x tinggi
 (*sesuai shop drawing) = 141,9 m³

Karena pada Underpass Pasuruan terdapat 12 Span maka perhitungan volumenya adalah:

$$\begin{aligned}
 &= \text{total volume Pengecoran Pelat Lantai} \\
 &\quad \text{Span 1} \times 12 \\
 &= 141,9 \text{ m}^3 \times 12 \\
 &= 1702,8 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Produktivitas.

Output piston side (DC) = 34 m³/jam

$$\begin{aligned}
 Q &= DC \times Ek \\
 &= 34 \text{ m}^3 \times (0,83 \times 0,7 \times 0,75) \\
 &= 14,8 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan Durasi.

- Durasi pengecoran Pelat Lantai Span 1.

-Durasi persiapan

Sesuai tinjauan pustaka, asumsi persiapan
= 0,75 jam

-Durasi pengecoran

Durasi = $(141,9 / 14,8) = 9,59$ jam

-Durasi pergantian tuck mixer

Kapasitas drum = 6 m³

Durasi = $(141,9/6) \times 0,03$ jam = 0,7 jam

-Durasi setelah pelaksanaan

Sesuai tinjauan pustaka, asumsi setelah
pelaksanaan = 0,53 jam

Sehingga total durasi = 0,5 hari

Karena pada Underpass Pasuruan terdapat 12 Span, maka perhitungan durasinya adalah :

$$\begin{aligned}
 &= \text{Durasi Pengecoran Pelat Lantai Span 1} \times 12 \\
 &= 0,5 \times 12 \\
 &= 6 \text{ Hari}
 \end{aligned}$$

4.5 Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3).

Kecelakaan merupakan kejadian yang tidak diinginkan yang dapat menimbulkan kerugian, maka dari itu sangat penting sekali penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja, dimulai dari menggunakan APD (Alat Pelindung Diri) saat di lingkungan proyek, pemasangan spanduk yang berisi pesan - pesan K3, dan lain sebagainya.

4.5.1 Helm Safety.

Helm Safety berfungsi untuk melindungi kepala pekerja, supaya bisa terhindar dari kejatuhan barang / material dan meminimalisir cedera yang akan menerpa pekerja.

4.5.2. Rompi Safety.

Rompi Safety digunakan untuk melindungi badan. Selain itu garis yang ada di Rompi Safety (Rompi Schotlite) juga merupakan tanda supaya pekerja terlihat di kondisi ruangan yang minim cahaya.

4.5.3 Sepatu Safety.

Sepatu Safety berfungsi untuk melindungi keselamatan kaki dari benda keras serta mengurangi resiko dari tertimpa dan kejatuhan benda keras lainnya.

4.5.4 Body Harnes.

Body Harnes adalah alat pelindung diri yang wajib digunakan untuk pekerjaan pada ketinggian diatas 1,5 meter. Tujuannya adalah melindungi diri dari kemungkinan jatuh atau terpeleset.

4.5.5 Spanduk K3.

Pemasangan Spanduk yang berisi Pesan K3 merupakan suatu usaha untuk mencegah kecelakaan kerja dilokasi kerja. Rangkaian kata yang tertera dalam

Spanduk K3 mengingatkan kepada para pekerja yang membacanya.

4.5.6 Police Line.

Police Line berfungsi untuk memberitahu orang-orang bahwa wilayah tersebut sedang ada pembangunan berkelanjutan dan bahwa ada kemungkinan bahaya dalam wilayah batas-batasnya.

4.5.7 Sarung Tangan.

Sarung Tangan berfungsi untuk melindungi jari tangan dan kulit dari cuaca ekstrim, bahan berbahaya, dan alat bantu yang digunakan

4.5.8 Kacamata Safety.

Kacamata Safety berfungsi untuk melindungi mata dari debu, partikel berbahaya, percikan las, bahan kimia.

Halaman Sengaja Dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan pembahasan Laporan Tugas Akhir Terapan ini, diketahui Tahapan Pelaksanaan yang digunakan untuk Pembangunan Underpass Pasuruan adalah sebagai berikut:
 - a. Pekerjaan Persiapan**, meliputi :
 - Pembuatan Direksi Kit
 - Mobilisasi dan Demobilisasi
 - Pembersihan Lapangan / Lahan
 - b. Pekerjaan Tanah**, meliputi :
 - Galian Struktur
 - Timbunan Struktur
 - Pemadatan
 - c. Pekerjaan Struktur Bawah**, meliputi :
 - Pemancangan
 - Lean Concrete (LC)
 - Pile Cap
 - Pier / Pilar (Kolom)
 - Abutment dan Wing Wall
 - d. Pekerjaan Struktur Atas**, meliputi :
 - Pier Head
 - Mortar dan Bearing Pad
 - Pemasangan Balok Girder (Gelagar)
 - Diafragma
 - Pelat Lantai Kendaraan (Deck Slab)

2. Berdasarkan Analisis Penjadwalan dari Ms. Project dapat disimpulkan bahwa Estimasi Waktu Pelaksanaan Pembangunan Underpass Pasuruan adalah 108 hari kerja.

3. Berdasarkan pembahasan dan analisis pada bab pembahasan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa Biaya yang dibutuhkan untuk Pembangunan Underpass Pasuruan adalah sebesar 103.923.141.892,52 rupiah.

5.2 Saran

Tugas akhir ini tidaklah sempurna dan masih butuh perbaikan baik dalam penulisan maupun analisis perhitungan, sehingga dapat disempurnakan lagi oleh mahasiswa khususnya Jurusan Teknik Sipil.

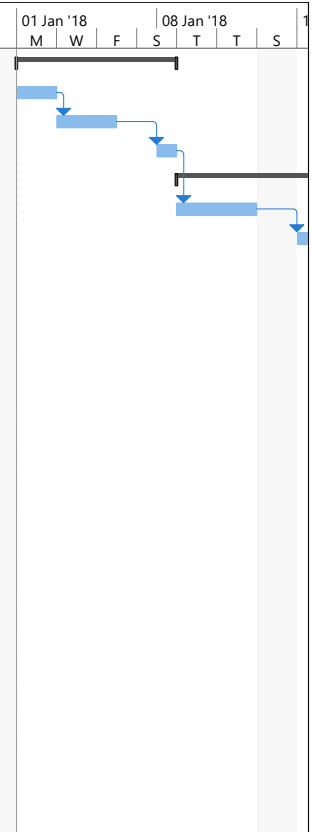
DAFTAR PUSTAKA

- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Nomor : 28/Prt/M/2016 Tentang Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum
- Rochmanhadi. (1992). *Kapasitas dan Produksi Alat- alat Berat*. Jakarta: Yayasan.
- PT.WIKA (Persero) Kontraktor, *Spesifikasi Teknis Jalan Tol Gempol - Pasuruan Seksi 3A*.

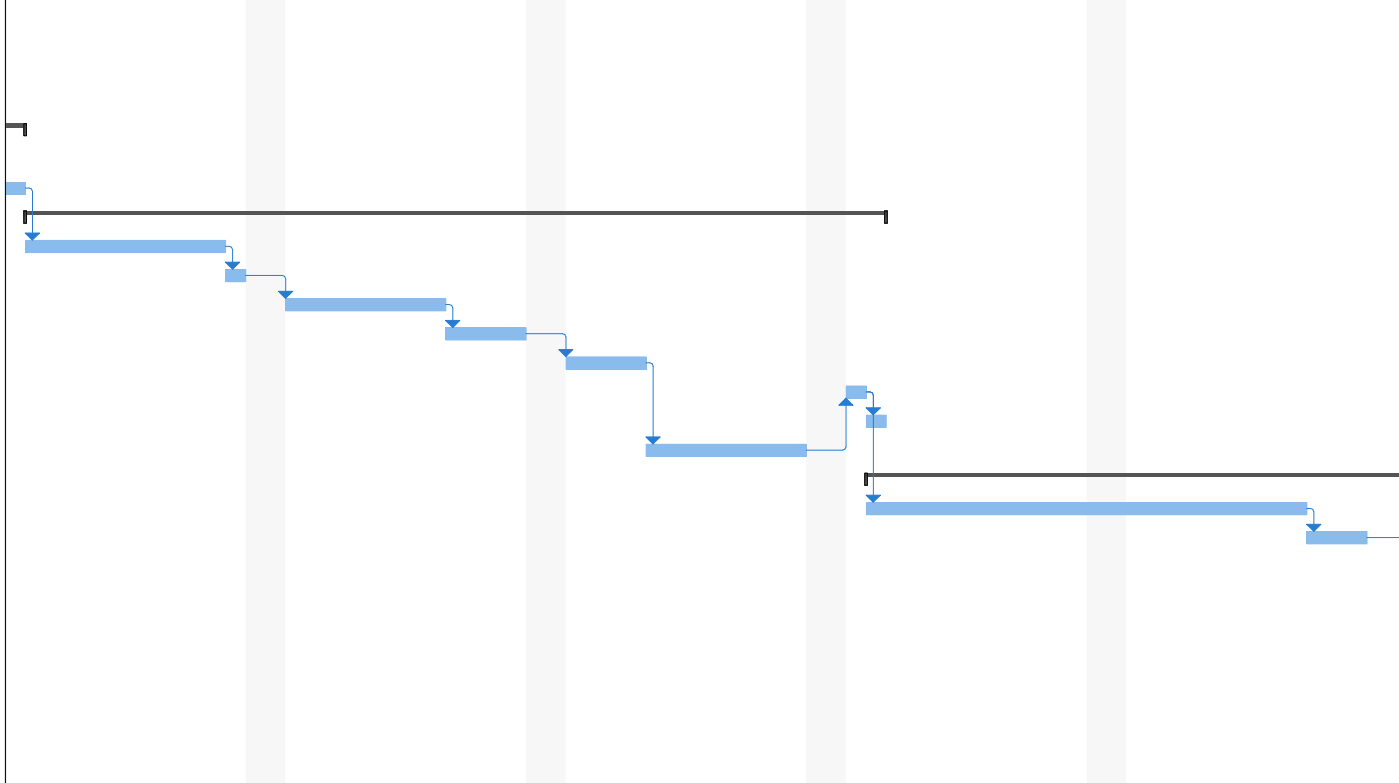
Halaman Sengaja Dikosongkan

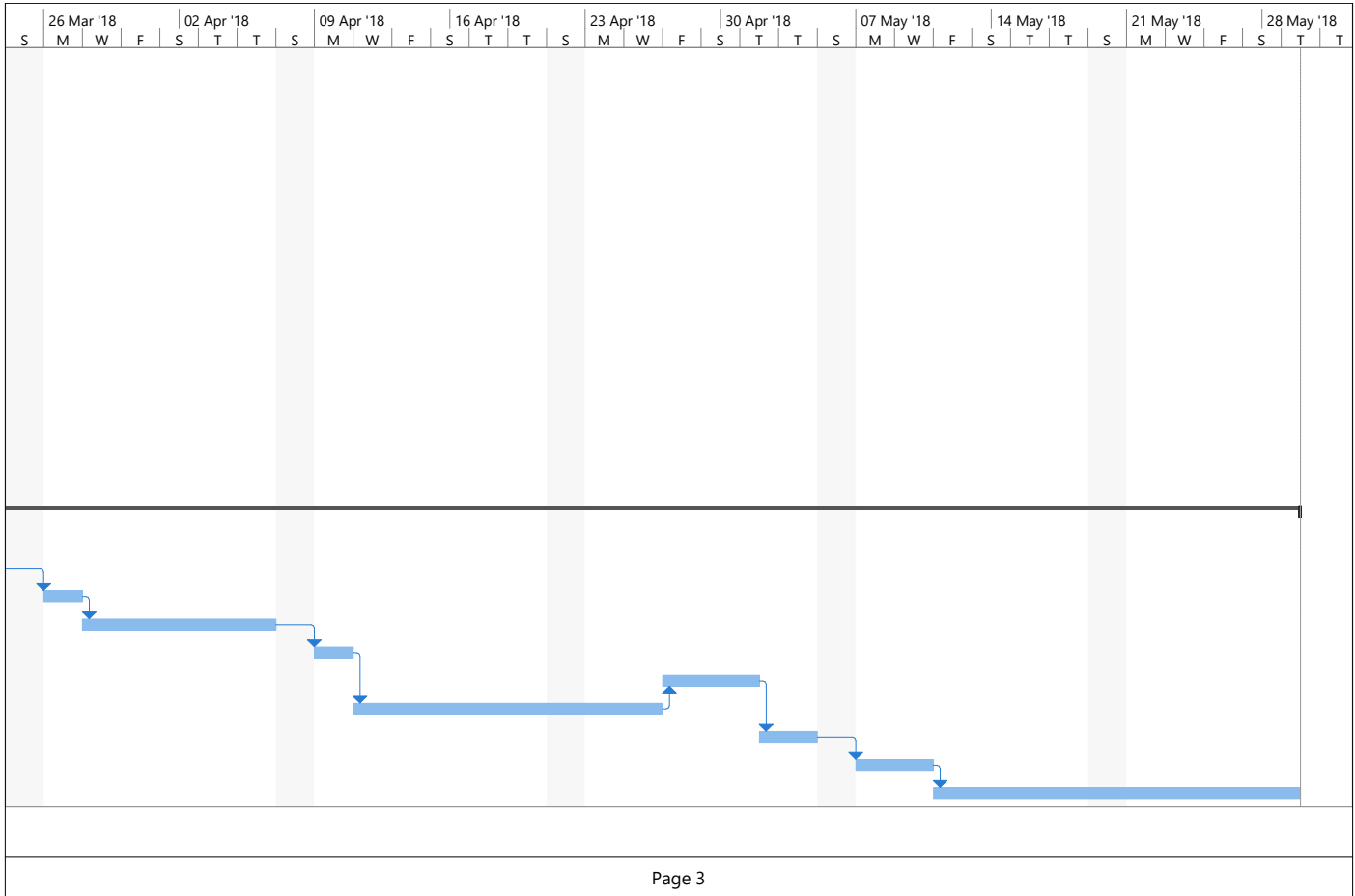
LAMPIRAN

ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	01 Jan '18	08 Jan '18
						S M W F S T T S	
1		Pekerjaan Persiapan	6 days	Mon 01/01/18	Mon 08/01/18		
2		Mobilisasi dan Demobilisasi	2 days	Mon 01/01/18	Tue 02/01/18		
3		Pembersihan Area	3 days	Wed 03/01/18	Fri 05/01/18		
4		Direksi Ket	1 day	Mon 08/01/18	Mon 08/01/18		
5		Pekerjaan Tanah	5 days	Tue 09/01/18	Mon 15/01/18		
6		Pekerjaan Galian Struktur	4 days	Tue 09/01/18	Fri 12/01/18		
7		Pekerjaan Timbunan Struktur	1 day	Mon 15/01/18	Mon 15/01/18		
8		Pekerjaan Struktur Bawah	31 days	Tue 16/01/18	Tue 27/02/18		
9		Pekerjaan Pemancangan	8 days	Tue 16/01/18	Thu 25/01/18		
10		Pekerjaan Pematangan Tiang Pancang	1 day	Fri 26/01/18	Fri 26/01/18		
11		Pekerjaan Cor LC	6 days	Mon 29/01/18	Mon 05/02/18		
12		Pekerjaan Footing Pile Cap	4 days	Tue 06/02/18	Fri 09/02/18		
13		Pekerjaan Abutment	4 days	Mon 12/02/18	Thu 15/02/18		
14		Pekerjaan Plat Injak	1 day	Mon 26/02/18	Mon 26/02/18		
15		Pekerjaan Wing Wall	1 day	Tue 27/02/18	Tue 27/02/18		
16		Pekerjaan Kolom/Pier	6 days	Fri 16/02/18	Fri 23/02/18		
17		Pekerjaan Struktur Atas	66 days	Tue 27/02/18	Tue 29/05/18		
18		Pekerjaan Pier Head	16 days	Tue 27/02/18	Tue 20/03/18		
19		Pekerjaan Mortar dan Bearing Pad	3 days	Wed 21/03/18	Fri 23/03/18		
20		Pekerjaan Pemasangan Bearing Pad 350x400x39 mm	2 days	Mon 26/03/18	Tue 27/03/18		
21		Pekerjaan Pemasangan Bearing Pad 400x400x39 mm	8 days	Wed 28/03/18	Fri 06/04/18		
22		Pekerjaan Pemasangan Bearing Pad 450x400x39 mm	2 days	Mon 09/04/18	Tue 10/04/18		
23		Pekerjaan Pemasangan Balok Girder 25 m	3 days	Fri 27/04/18	Tue 01/05/18		
24		Pekerjaan Pemasangan Balok Girder 30 m	12 days	Wed 11/04/18	Thu 26/04/18		
25		Pekerjaan Pemasangan Balok Girder 35 m	3 days	Wed 02/05/18	Fri 04/05/18		
26		Pekerjaan Diafragma	4 days	Mon 07/05/18	Thu 10/05/18		
27		Pekerjaan Deck Slab	13 days	Fri 11/05/18	Tue 29/05/18		



15 Jan '18 | 22 Jan '18 | 29 Jan '18 | 05 Feb '18 | 12 Feb '18 | 19 Feb '18 | 26 Feb '18 | 05 Mar '18 | 12 Mar '18 | 19 Mar '18
M W F S T T S M W F S T T S M W F S T T S M W F S T T S M W F S T T S
























18	04 Jun '18			11 Jun '18			18 Jun '18			25 Jun '18			02 Jul '18			09 Jul '18			16 Jul '18			23 Jul '18			30 Jul '18			06 Aug
T	S	M	W	F	S	T	T	S	M	W	F	S	T	T	S	M	W	F	S	T	T	S	M	W	F	S	T	

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Project: TA
Date: Sun 1

Task		Inactive Summary		External Tasks	
Split		Manual Task		External Milestone	
Milestone		Duration-only		Deadline	
Summary		Manual Summary Rollup		Progress	
Project Summary		Manual Summary		Manual Progress	
Inactive Task		Start-only			
Inactive Milestone		Finish-only			

Pekerjaan Persiapan

Start: 01/01/18 ID: 1

Finish: 08/01/18 Dur: 6 days

Comp: 0%

Mobilisasi dan Demobilisasi

Start: Mon 01/01/18 ID: 2

Finish: Tue 02/01/18 Dur: 2 days

Res:

Pekerjaan Tanah

Start: 09/01/18 ID: 5

Finish: 15/01/18 Dur: 5 days

Comp: 0%

Pekerjaan Struktur Bawah

Start: 16/01/18 ID: 8

Finish: 27/02/18 Dur: 31 days

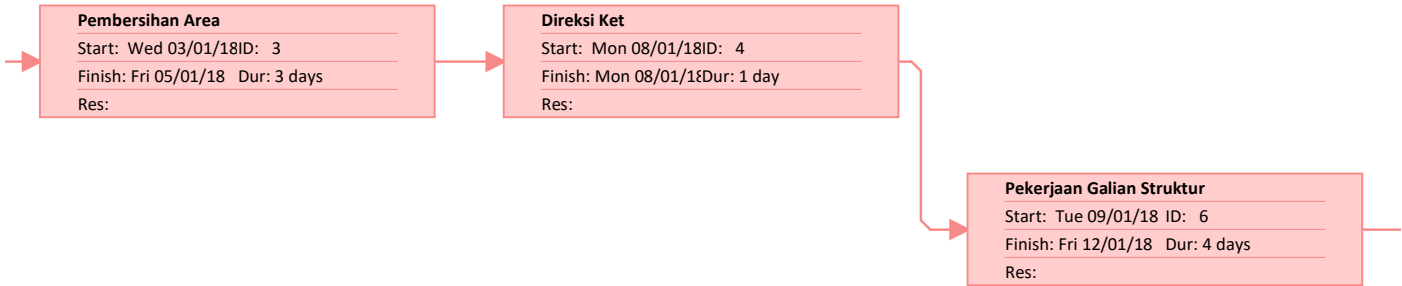
Comp: 0%

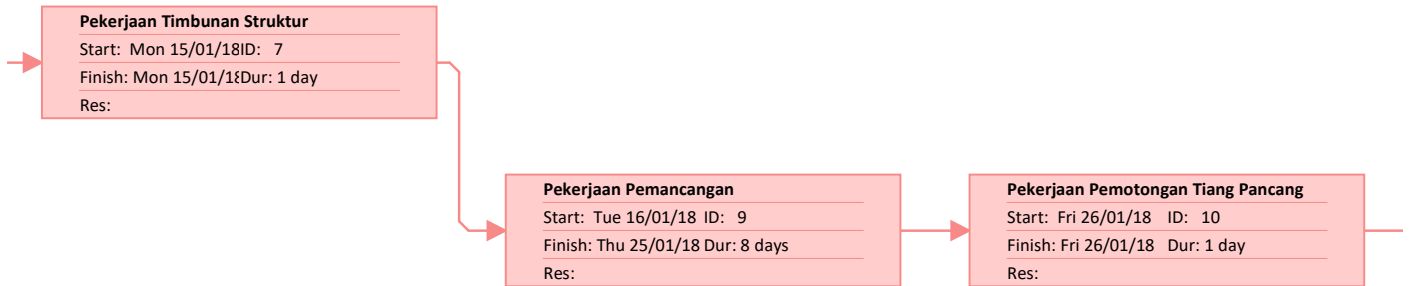
Pekerjaan Struktur Atas

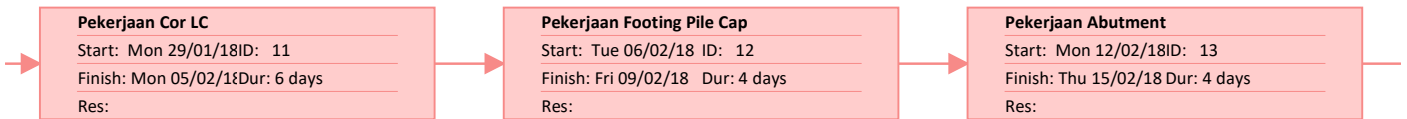
Start: 27/02/18 ID: 17

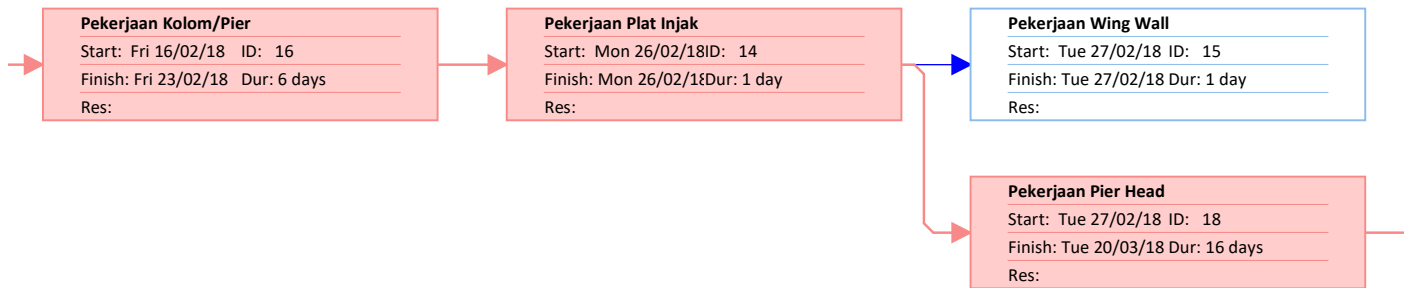
Finish: 29/05/18 Dur: 66 days

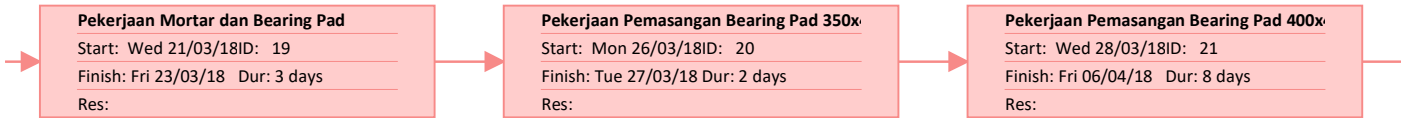
Comp: 0%

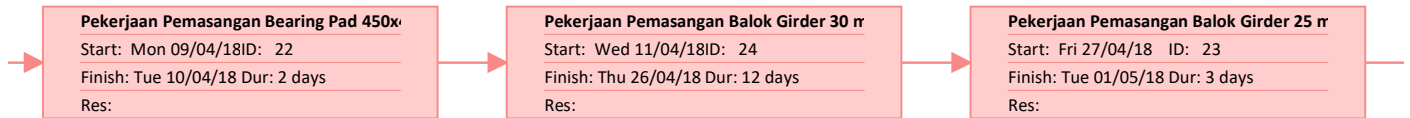


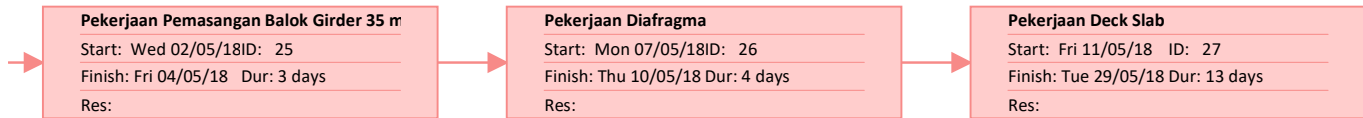














Project: Pro Date: Sun 1	Critical		Critical Summary		Critical Marked		Project Summary	
	Noncritical		Summary		Marked		Highlighted Critical	
	Critical Milestone		Critical Inserted		Critical External		Highlighted Noncritical	
	Milestone		Inserted		External			