

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PERBANDINGAN BIAYA DAN WAKTU
PELAKSANAAN PONDASI TIANG BOR DAN TIANG
PANCANG
(COMPARISONAL ANALYSIS OF COST AND TIME OF
IMPLEMENTATION OF BORE PILE AND SPUN PILE
FOUNDATION)**

(Studi Kasus Abutment Jembatan Toll Serang Panimbang Op 4 Sukajadi 2)

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



**Abid Ashkhabul Firdaus
15511150**

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

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PERBANDINGAN BIAYA DAN WAKTU
PELAKSANAAN PONDASI TIANG BOR DAN TIANG
PANCANG
(COMPARISONAL ANALYSIS OF COST AND TIME OF
IMPLEMENTATION OF BORE PILE AND SPUN PILE
FOUNDATION)**

Disusun oleh

**Abid Ashkhabul Firdaus
15511150**

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


Diuji pada tanggal 26 September 2022

Oleh Dewan Penguji:


Pembimbing


Albani Musyafa', S.T., M.T., Ph.D.
NIK: 955110102

Penguji I


Yendie Abma, S.T., M.T.
NIK: 155111310

Penguji II


Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D.
NIK: 005110101

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil


Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.
NIK: 095110101



PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, 30 Desember 2022

Yang membuat pernyataan,



Ashkhabul Firdaus
(15511150)

DEDIKASI

Alhamdulillah, Syukur atas nikmat-Nya yang tiada bisa kita hitung. Terkhusus nikmat iman, islam dan nikmat dapat menuntut ilmu di Teknik Sipil UII hingga tuntas. Sholawat serta salam kita haturkan kepada Nabi Muhammad Shallallahu 'Alaihi Wasallam, pelita umat di seluruh penjuru dunia dari zaman ke zaman. Semoga kita termasuk umatnya yang berhak atas syafaatnya.

Penelitian ini semoga bermanfaat untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan kemajuan dunia konstruksi serta menjadi berkah bagi penulis, pembaca dan semua pihak yang berpartisipasi dalam penulisan penelitian ini.

Persembahkan dariku,

Untuk kedua orangtuaku Abi dan Umi yang luar biasa tangguh pantang menyerah dalam mengusahakan pendidikan terbaik untuk anak-anaknya baik itu formal maupun non-formal. Doa-doa terbaik yang tidak pernah kering dari lisan Abi dan Umi selalu menjadi bahan bakar perjuangan anakmu. Semoga semua jerih payah Abi dan Umi Allah balas dengan kebaikan yang berlipat di dunia dan di akhirat serta menjadi kafarat bagi semua khilaf. Juga kedua adikku atas support dan doanya yang luar biasa.

Untuk kedua mertua atas dukungan yang luar biasa, doa-doa terbaik yang selalu ada untuk kami. Semoga Allah lipat gandakan kebaikan dari sisi-Nya untuk keduanya dan Allah teguhkan dalam berdakwah di jalan-Nya.

Untuk keluargaku, istri tercinta yang sabar mendampingi perjuangan ini. Pahit manis kita lahap bersama. Semoga Allah turunkan berkah untuk keluarga kita atas kesabaranmu. Kedua putri-putriku Hilwah dan Safira yang lucu, penyemangat yang menghadirkan senyum kala penat. Semoga kelak menjadi penerus kebaikan orangtuamu, menjadi pribadi yang jauh lebih baik dari orangtuamu.

Untuk santri-santriku di Griya Tahfizh Daarul Mustaghfirin, yang menjadi partner perjuangan mengabdikan pada Sang Pencipta. Semoga Allah memudahkan kalian dalam belajar dan menggapai mimpi.

Untuk Pak Widi dan Bu Dian yang telah berkolaborasi dalam perjuangan di Griya Tahfizh Daarul Mustaghfirin, atas seluruh fasilitas dan doa-doa terbaiknya. Semoga Allah memudahkan semua urusan dan Allah balas dengan kebaikan yang berlipat.

Untuk pak Albani selaku Dosen pembimbing TA yang sabar dan memberikan ide-ide terbaiknya dalam penyusunan penelitian ini. Juga seluruh dosen dan civitas akademik Teknik Sipil UII atas ilmu dan fasilitas yang diberikan.

Teman-teman Sipil 15 seperjuangan. Terkhusus teman-teman seperjuangan di detik-detik terakhir.

Untuk semua yang pihak sudah kami sebutkan, dan pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu-persatu kami ucapkan terimakasih atas dukungan dan doa-doanya sehingga penelitian ini dapat kami selesaikan sebagai salah satu syarat kelulusan di Prodi Teknik Sipil UII.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah *Subhanahu Wata'ala* atas segala karunia-Nya, serta Sholawat ke hadirat Nabi Muhammad *Shallallahu 'Alaihi Wasallam*. Atas berkat rahmat Allah sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Analisis Perbandingan Biaya Dan Waktu Pelaksanaan Pondasi Tiang Bor Dan Tiang Pancang (Studi Kasus Abutment Jembatan Toll Serang Panimbang Op 4 Sukajadi 2)*. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Ibu Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Prodi Teknik Sipil,
2. Bapak Albani Musyafa', S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I,
3. Bapak Vendie Abma, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I,
4. Ibu Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Penguji II, dan
5. Bapak dan Ibu penulis yang telah berkorban begitu banyak baik material maupun spiritual hingga selesainya Tugas Akhir ini.

Akhirnya Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 4 Januari 2023

Penulis,

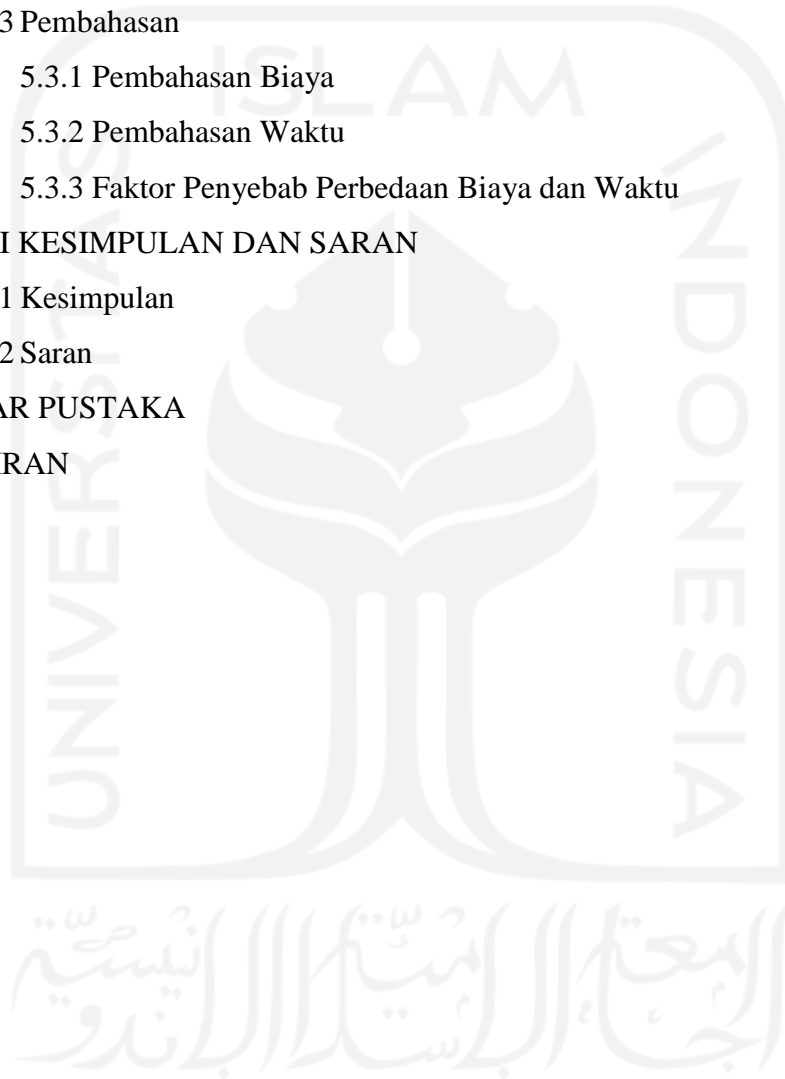

Abid Ashkhabul Firdaus
15511150

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xii
ABSTRAK	xiv
<i>ABSTRACT</i>	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Umum	5
2.2 Penelitian Sebelumnya	5
2.2.1 Analisis Penggunaan Pondasi Mini Pile dan Pondasi Tiang bor Terhadap Biaya dan Waktu Pelaksanaan Pembangunan Ruang Kelas SMPN 10 Denpasar	5
2.2.2 Analisis antara Penggunaan Pondasi <i>Bore Pile</i> dengan Tiang Pancang (Studi Kasus : Gedung DPRD Kota Surabaya)	6
2.2.3 Analisa Perbandingan Biaya dan Waktu Pelaksanaan Pondasi <i>Spun Pile</i> dengan <i>Bore Pile</i> pada Proyek Masjid Agung	6

2.2.4 Studi Perbandingan Tiang Pancang dengan Pondasi Tiang bor (Studi Kasus Pelaksanaan Pembangunan Pondasi <i>Tower Grand Kamala Lagoon</i> -Bekasi)	7
2.2.5 Analisis Perbandingan Biaya dan Waktu Pelaksanaan Tiang Pancang dan Tiang Bor (Studi Kasus Perencanaan Rumah Sakit Kelas B Bandung)	8
2.3 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Akan Dilakukan	9
2.4 Posisi Penelitian Penulis	14
BAB III LANDASAN TEORI	15
3.1 Manajemen	15
3.2 Proyek Konstruksi	17
3.3 Manajemen Proyek	18
3.4 Biaya Proyek	20
3.4.1 Biaya Langsung (Direct Cost)	20
3.4.2 Biaya Tidak Langsung (<i>Indirect Cost</i>)	21
3.5 Waktu Proyek (Penjadwalan)	23
3.5.1 Metode Penjadwalan Proyek	24
3.6 Pondasi	25
3.6.1 Pemilihan Jenis Pondasi	26
3.6.2 Macam-Macam Pondasi	26
3.6.3 Pondasi Tiang Bor	27
3.6.4 Pondasi Tiang Pancang	30
3.6.5 Kelebihan dan Kekurangan Pondasi Tiang Bor dan Tiang Pancang	32
BAB IV METODE PENELITIAN	34
4.1 Jenis Penelitian	34
4.2 Objek Penelitian	34
4.3 Metode Pengumpulan Data	34
4.4 Lokasi Proyek	35
4.5 Tahapan Penelitian	35

BAB V ANAISIS DAN PEMBAHASAN	37
5.1 Tinjauan Umum	37
5.2 Analisis Data	37
5.2.1 Pekerjaan Pondasi Tiang Bor	38
5.2.2 Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang	61
5.3 Pembahasan	84
5.3.1 Pembahasan Biaya	84
5.3.2 Pembahasan Waktu	85
5.3.3 Faktor Penyebab Perbedaan Biaya dan Waktu	86
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	88
6.1 Kesimpulan	88
6.2 Saran	89
DAFTAR PUSTAKA	90
LAMPIRAN	92



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbedaan antar Penelitian Terdahulu dan Akan Dilakukan	9
Tabel 5.1	Harga Barang dan Jasa	38
Tabel 5.2	Ukuran Baja Tulangan Beton Ulir	43
Tabel 5.3	AHSP Pembesian tiap 100 Kg Tulangan	46
Tabel 5.4	Faktor Efisiensi Alat	48
Tabel 5.5	Urutan Pengeboran dan Waktu Perpindahan Alat	49
Tabel 5.6	AHSP Pekerjaan Pengeboran tiap 1 M ³	52
Tabel 5.7	AHSP <i>Crawler Crane</i> tiap 1 M ³	55
Tabel 5.8	AHSP Pemasangan Beton tiap 1 M ³	56
Tabel 5.9	AHSP Galian Manual Kedalaman ≤ 1 m tiap 1 M ³	57
Tabel 5.10	AHSP Bobok Beton dengan <i>Jack Hammer</i> tiap 1 M ³	59
Tabel 5.11	Rekapitulasi Biaya Tiang Bor	61
Tabel 5.12	Nilai N _{SPT} Terkoreksi	63
Tabel 5.13	Perpindahan Alat Pancang	77
Tabel 5.14	AHSP Pemasangan tiap M Panjang	79
Tabel 5.15	AHSP Bobok Beton Pancang dengan <i>Jack Hammer</i> tiap 1 M ³	82
Tabel 5.16	Rekapitulasi Biaya Tiang Pancang	83
Tabel 5.17	Perbandingan Biaya Hasil Penelitian Terdahulu dan Sekarang	85
Tabel 5.18	Perbandingan Waktu Hasil Penelitian Terdahulu dan Sekarang	86
Tabel 6.1	Faktor Berpengaruh pada Biaya dan Waktu Pelaksanaan Pondasi Tiang	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Diagram <i>Triple Constraint</i>	19
Gambar 3.2	Skema Pemukul Tiang Pancang	30
Gambar 4.1	Lokasi Pembangunan Jembatan Op 4 Sukajadi 2	35
Gambar 4.2	Diagram Alir Tahapan Penelitian	36
Gambar 5.1	Denah Tiang Bor	38
Gambar 5.2	Tampak Samping Tiang Bor	39
Gambar 5.3	Penulangan Tiang Bor	40
Gambar 5.4	Panjang Penyaluran Tiang Ke <i>Pile Cap</i>	41
Gambar 5.5	Pengait Pipa <i>Sonic Logging</i>	42
Gambar 5.6	<i>Barchart</i> Waktu Pelaksanaan Tiang Bor	61
Gambar 5.7	Denah Pondasi Tiang Pancang	73
Gambar 5.8	Ilustrasi Jarak Pengambilan Tiang Pancang	76
Gambar 5.9	<i>Barchart</i> Waktu Pelaksanaan Tiang Pancang	83

DAFTAR LAMPIRAN

Gambar L-1	Data <i>Boring Log</i>	93
Gambar L-2.1	SHBJ Prov. Banten Besi Tulangan	95
Gambar L-2.2	SHBJ Prov. Banten Kawat Beton	95
Gambar L-2.3	SHBJ Prov. Banten <i>Readymix</i>	96
Gambar L-2.4	SHBJ Prov. Banten Sewa Alat Berat	96
Gambar L-2.5	SHBJ Prov. Banten Sewa <i>Vibrator</i> Beton	97
Gambar L-2.6	SHBJ Prov. Banten Sewa Tiang Pancang	97
Gambar L-2.7	SHBJ Prov. Banten Upah Tenaga Kerja	97
Gambar L-3.1	Denah <i>Over Pass</i>	99
Gambar L-3.2	Penampang Memanjang <i>Over Pass</i>	100
Gambar L-3.3	Gambar Kerja Penulangan Tiang Bor	101

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A_b	= Luas Ujung Tiang
Ahsp	= Analisis Harga Satuan Pekerjaan
A_s	= Luas Selimut Tiang
B	= Lebar Kelompok Tiang
c	= Kohesi Tanah Disekeliling Kelompok Tiang
cb	= Kohesi Tanah Di Bawah Dasar Kelompok Tiang
D	= Kedalaman Tiang
d	= Diameter Tiang
E_g	= Efisiensi Kelompok Tiang
f_b	= Tahanan Ujung Satuan Tiang
f_s	= Tahanan Gesek Satuan Tiang
h	= Tinggi Jatuh <i>Hammer</i>
k	= Koefisien Tenaga Kerja
L	= Panjang Kelompok Tiang
m	= Jumlah Baris Tiang
n	= Jumlah Tiang Dalam Kelompok
N	= Jumlah Tenaga Kerja
N_{SPT}	= N-SPT Lapangan
n'	= Jumlah Tiang Dalam Satu Baris
N_{spt}'	= N_{spt} Terkoreksi
N_{60}	= N_{spt} Rata-Rata Sepanjang Tiang
N_{60}'	= N_{spt} Rata-Rata 1d Di Atas Tiang Sampai 2d Di Bawah Tiang
N_c	= Faktor Kapasitas Dukung
OP	= <i>Over Pass</i>
PDA	= <i>Dynamic Penetration Test</i>
Q	= Kapasitas Produksi
Q_a	= Daya Dukung Ijin
Q_b	= Daya Dukung Ujung

Q_g	= Daya Dukung Kelompok
Q_s	= Daya Dukung Gesek
Q_u	= Daya Dukung Ultimit
s	= Penetrasi Tiang Pancang
s'	= Jarak antar Tiang
SHBJ	=Stauan Harga dan Jasa
SNI	= Standar Nasional Indonesia
SPT	= <i>Standard Penetration Test</i>
T	= Waktu Proyek
V	= Volume Pekerjaan
W	= Berat <i>Hammer</i>
W_p	= Berat Tiang
θ	= arc tg d/s' ,
σ_r	= Tegangan Referensi



ABSTRAK

Pondasi dalam tiang bor memiliki keunggulan dapat dilaksanakan hampir di semua lokasi. Baik lokasi yang dekat dengan perkotaan atau lokasi yang jauh dari kota. Selain itu, dimensi dari tiang pondasi dapat didesain sesuai dengan keperluan di lapangan dari segi kedalaman dan diameter pondasi. Berbeda halnya dengan pondasi dalam tiang pancang, pelaksanaan pembangunan ditengah kota tidak disarankan karena dapat mengganggu konstruksi disekitar akibat dari getarannya. Dimensinya pun harus menyesuaikan dari spesifikasi yang dikeluarkan oleh pabrik. Secara sederhana dapat diperkirakan bahwa tiang pancang memiliki durasi pekerjaan yang lebih singkat namun biaya pekerjaan lebih besar disbanding pondasi tiang bor.

Pada pembangunan Jembatan Toll Serang Panimbang Op 4 Sukajadi 2 coba dibandingkan antara perencanaan awal *abutment* menggunakan pondasi tiang bor dengan alternatif pelaksanaan menggunakan tiang pancang. Perbandingan dilakukan untuk mendapatkan alternatif yang lebih murah dan waktu pelaksanaan lebih singkat. Perbandingan yang dilakukan dengan tetap mempertimbangkan daya dukung tanah yang ada, sehingga dimensi dan jumlah tiang pondasi tiang bor semula berdiameter 80 cm dengan kedalaman 15 m dan masing-masing *abutment* memiliki 4 buah tiang dikonversi menjadi tiang pancang dengan diameter 50 cm dengan kedalaman 15 m dan jumlah tiang masing-masing *abutment* berjumlah 10 buah.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pondasi tiang pancang memiliki keunggulan pada sisi waktu pelaksanaan yang lebih singkat yaitu 13 hari, namun dengan biaya yang lebih tinggi dibanding pondasi tiang bor, yaitu sebesar sebesar Rp 628.258.271,20. Sedangkan pondasi tiang bor dikerjakan selama 26 hari dengan perkiraan biaya sebesar Rp 411.227.117,70.

Kata kunci: Pondasi tiang, Biaya, Waktu

ABSTRACT

Bore pile foundations have the advantage that they can be implemented in almost any location. Either a location close to the city or a location far from the city. In addition, the dimensions of the foundation piles can be designed according to the needs in the field in terms of depth and diameter of the foundation. Unlike the case with the foundation in piles, the implementation of development in the middle of the city is not recommended because it can interfere with construction around as a result of the vibration. Dimensions must also adjust from the specifications issued by the factory. In simple terms it can be estimated that the pile has a shorter duration of work but the work cost is greater than the tiang pancang foundation.

In the construction of the Serang Panimbang Op 4 Sukajadi 2 Toll Bridge, try to compare the initial abutment planning using a bore pile foundation with an alternative implementation using spun pile. Comparisons are made to obtain cheaper alternatives and shorter implementation times. The comparisons were made by taking into account the carrying capacity of the existing soil, so that the dimensions and the number of pile foundations were originally 80 cm in diameter with a depth of 15 m and each abutment had 4 piles converted into piles with a diameter of 50 cm with a depth of 15 m and The number of pillars for each abutment is 10 pieces.

The results of this study indicate that the pile foundation has advantages in terms of shorter implementation time, namely 13 days, and a more expensive cost than bore pile foundation, which is Rp 628.258.271,20. While the spun pile foundation was carried out for 26 days with an estimated cost of Rp 411.227.117,70.

Keywords: *Pile foundation, Cost, Time*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pondasi merupakan bagian struktur dari sebuah bangunan yang memiliki peran sangat penting. Yaitu menopang beban bangunan di atasnya dan menyalurkannya ke tanah. Selain itu fungsi pondasi dalam tahapan pekerjaan konstruksi juga sangat menentukan kualitas dari konstruksi di atasnya. Oleh sebab itu pondasi harus direncanakan dengan matang kualitas dan metode pelaksanaannya.

Pemilihan jenis pondasi dalam sebuah proyek konstruksi dapat didasarkan dari beberapa hal, antara lain segi biaya pelaksanaan, cara-cara meminimalisir dampak negatif dari pelaksanaan konstruksi pondasi pada lingkungan sekitar dan juga waktu pelaksanaan konstruksi pondasi tersebut (Suyono, 1994). Prinsipnya biaya berbanding lurus dengan waktu pelaksanaan proyek konstruksi termasuk pondasi, semakin sedikit waktu yang diperlukan dalam proses pelaksanaan pekerjaan pondasi maka semakin kecil pula biaya yang diperlukan. Saat waktu pelaksanaan konstruksi terlalu panjang atau mengalami keterlambatan maka biaya yang diperlukan dapat membengkak. Namun ada kalanya proyek konstruksi diharapkan dapat selesai lebih cepat dengan konsekuensi penambahan sumber daya dalam pelaksanaan, sehingga berakibat adanya tambahan biaya untuk usaha tersebut. Maka memilih jenis pondasi yang tepat dapat memangkas waktu dan biaya konstruksi. Keberhasilan suatu proyek dapat diukur dari dua hal, yaitu keuntungan yang didapat serta ketepatan waktu penyelesaian proyek (Soeharto, 1997). Keduanya tergantung pada perencanaan yang cermat terhadap metode pelaksanaan, penggunaan alat dan penjadwalan. Manajemen mempunyai lima unsur atau biasa disebut dengan (5M), yaitu , *men, money, materials, machines, and methods* (Emerson et al, 2014).

Pondasi dapat dikategorikan menjadi pondasi dalam dan pondasi dangkal. Pada umumnya dalam perencanaan dan pelaksanaan sebuah proyek konstruksi

dipilih satu jenis pondasi dalam baik itu pondasi tiang pancang atau tiang bor. Hal tersebut dimaksudkan untuk mempermudah pelaksanaan pondasi dalam dan efisiensi sumber daya yang diperlukan. Berbeda dengan pelaksanaan pondasi dalam pada pembangunan Jembatan Toll Serang Panimbang Op 4 Sukajadi 2 yang malah menggunakan dua jenis pondasi dalam pada konstruksi bawahnya. Yaitu jenis pondasi dalam kombinasi antara pondasi tiang pancang dan tiang bor. Pada perencanaan *over pass* ini pondasi yang akan digunakan terdiri dari pondasi tiang pancang dibawah pilar jembatan dan pondasi bor pada *abutment*. Pada dasarnya ketika dipilih salah satu jenis pondasi dalam pada pelaksanaannya tetaplah sangat memungkinkan. Terlebih dengan adanya dua jenis pondasi dalam, secara sederhana dapat dinilai bahwa metode pelaksanaan pembangunan pondasi lebih kompleks, memerlukan sumber daya yang beragam, dan sangat mungkin biaya dan waktu yang diperlukan lebih banyak jika dibanding hanya dipilih satu jenis pondasi dalam. Namun pemilihan jenis pondasi kombinasi ini pasti memiliki tujuan tertentu yang ditujukan demi tercapainya tujuan konstruksi dengan pertimbangan yang matang.

Penelitian yang akan dilakukan berdasarkan pelaksanaan pondasi dalam kombinasi adalah menganalisis jika seluruh pondasi dalam pada *over pass* ini direncanakan dengan satu jenis pondasi dalam, yaitu menggunakan pondasi tiang pancang. Perubahan yang akan dilakukan adalah mengganti pondasi dalam di bawah *abutment* yang semula menggunakan tiang bor menjadi tiang pancang. Hasil analisis dibandingkan dengan perencanaan awal pondasi dari segi waktu pelaksanaan dan biaya yang dibutuhkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasar latar belakang yang ada, maka rumusan masalah adalah sebagai berikut :

1. Berapa perbandingan biaya pelaksanaan pondasi tiang bor dan tiang pancang?
2. Berapa perbandingan waktu pelaksanaan pondasi tiang bor dan tiang pancang?
3. Apa saja faktor-faktor yang mempengaruhi perbedaan biaya dan waktu pelaksanaan pondasi tiang bor dan tiang pancang?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang penulis lakukan adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui perbandingan biaya pelaksanaan pondasi tiang bor dan tiang pancang.
2. Mengetahui perbandingan waktu pelaksanaan pondasi tiang bor dan tiang pancang.
3. Mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi perbedaan biaya dan waktu pelaksanaan pondasi tiang bor dan tiang pancang.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yang penulis susun sebagai berikut :

1. Sebagai bahan pertimbangan perencana dan pelaksanaan dalam pemilihan tipe pondasi dalam antara tiang bor dan tiang pancang.
2. Sebagai bahan evaluasi perencanaan yang sudah dilakukan.
3. Sebagai tambahan wawasan dan pengetahuan bagi penulis dan pembaca lain tentang pemilihan tipe pondasi.

1.5 Batasan Penelitian

Untuk mengarahkan penelitian ini agar tidak menyimpang dari judul dan tujuan penulisan Tugas Akhir Ini, maka penulis melakukan pembatasan penelitian pada hal berikut :

1. Pengamatan dilakukan pada proyek pembangunan *abutment over pass* 4 Sukajadi 2 Toll Serang Panimbang.
2. Pondasi yang dibandingkan antara group pondasi tiang bor dan tiang pancang diasumsikan menerima beban yang sama.
3. Pekerjaan tiang bor yang diteliti sesuai dengan perencanaan proyek dari tahap pembesian sampai dengan pembobokan beton untuk mendapatkan tulangan penyaluran ke struktur *abutment*.
4. Analisis tiang pancang yang dilakukan dengan perencanaan jumlah dan dimensi tiang, pelaksanaan pemancangan sampai dengan pembobokan beton untuk mendapatkan tulangan penyaluran ke struktur *abutment*.

5. Jumlah dan dimensi tiang pancang yang akan dibandingkan dihitung secara sederhana berdasarkan beban layan pada *abutment* dan data parameter tanah yang tersedia tanpa memperhitungkan momen dan gaya lateral.
6. Perbandingan biaya dan waktu terbatas pada pekerjaan yang dilaksanakan di lapangan.
7. Pekerjaan *abutment* tidak termasuk dalam penelitian.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Pada setiap proyek konstruksi memiliki karakteristik yang unik dan berbeda-beda. Yang mana karakteristik tersebut sangat mempengaruhi pelaksanaan proyek konstruksi. Untuk itu diperlukan cara khusus dalam masing-masing proyek konstruksi agar tiga standar utama terpenuhi. Tiga standar utama atau *Triple Constraint* tersebut adalah: tepat waktu, tepat biaya, dan tepat mutu. Setiap perencana maupun pelaksana harus memiliki kemampuan mengelola *Triple Constraint* tersebut agar proyek konstruksi berjalan sesuai tujuan. Terlebih kemampuan tersebut adalah modal utama bersaing dalam industri konstruksi.

Pondasi merupakan bagian struktur yang pertama dikerjakan. Oleh sebab itu sangat menentukan waktu, biaya pelaksanaan dan mutu keseluruhan struktur di atasnya. Maka studi khusus tentang pemilihan pondasi yang tepat agar *Triple Constraint* tersebut dapat dicapai penting untuk dilakukan.

2.2 Penelitian Sebelumnya

Berikut adalah uraian beberapa penelitian terdahulu yang menjadi salah satu acuan dalam penelitian yang penulis lakukan :

2.2.1 Analisis Penggunaan Pondasi *Mini Pile* dan Pondasi Tiang bor Terhadap Biaya dan Waktu Pelaksanaan Pembangunan Ruang Kelas SMPN 10 Denpasar

Pagehgiri (2015) meneliti penggunaan pondasi *mini pile* dan tiang bor pada pembangunan ruang kelas SMPN 10 Denpasar, untuk mengetahui jenis pondasi yang paling ekonomis dan efisien. Dalam penelitian ini, peneliti membandingkan pondasi tiang bor dengan diameter 30 cm dan kedalaman 4 m dengan pondasi *mini pile* dengan ukuran 25x25 cm² dan kedalaman 4 m. Hasil penelitian ini didapatkan total biaya untuk pondasi *mini pile* menelan biaya sebesar Rp 104.439.399,3 (seratus empat juta empat ratus tiga puluh sembilan ribu tiga ratus sembilan puluh

sembilan koma tiga rupiah) dengan waktu pengerjaan 33,78 hari. Sedangkan pada pondasi tiang bor dibutuhkan biaya sebesar Rp 70.309.270,33 (tujuh puluh juta tiga ratus sembilan ribu dua ratus tujuh puluh koma tiga tiga rupiah) dengan waktu pengerjaan 22,51 hari. Dari hasil penelitian tersebut maka dipilih tipe pondasi tiang bor karena biayanya lebih ekonomis dan waktu pengerjaan lebih singkat.

2.2.2 Analisis antara Penggunaan Pondasi *Bore Pile* dengan Tiang Pancang (Studi Kasus : Gedung DPRD Kota Surabaya)

Asmoro dan Setiyono (2021) pada penelitiannya tentang analisis pemilihan dan penggunaan tipe pondasi tiang bor dan tiang pancang pada pembangunan Gedung DPRD Kota Surabaya mendapat kesimpulan bahwa pondasi tipe tiang pancang memiliki kebutuhan biaya lebih kecil dibanding tiang bor dan waktu pelaksanaan juga lebih singkat dibanding pondasi tipe tiang bor. Tipe pondasi tiang bor dengan ukuran diameter 80 cm dan kedalaman 27 m sebanyak 71 titik memerlukan biaya sebesar Rp 2.691.403.007,81 (dua milyar enam ratus sembilan puluh satu juta empat ratus tiga ribu tujuh koma delapan satu rupiah) dengan waktu pelaksanaan selama 18 Hari. Sedangkan untuk tiang pancang dengan ukuran diameter 60 cm dan kedalam serta jumlah titik sama dengan tiang bor memerlukan biaya sebesar Rp 1.394.089.606,13 (satu milyar tiga ratus sembilan puluh empat juta delapan puluh sembilan ribu enam ratus enam koma satu tiga rupiah) dengan estimasi pelaksanaan selama 4 hari. Namun pada praktiknya tetap digunakan jenis pondasi tiang bor dengan pertimbangan keamanan bangunan yang ada disekitarnya.

2.2.3 Analisa Perbandingan Biaya dan Waktu Pelaksanaan Pondasi *Spun Pile* dengan *Bore Pile* pada Proyek Masjid Agung

Sembiring (2019) meneliti 1 kelompok pondasi tiang yang terdiri dari 4 pondasi tiang bor dan sebagai perbandingannya 1 kelompok pondasi tiang yang terdiri dari 4 pondasi tiang pancang. Terdapat 6 kelompok tiang pondasi yang diteliti dengan lokasi tiap kelompok tiang pondasi yang berbeda-beda. Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan pondasi tiang pancang Rp 275.198.220,83 (dua ratus tujuh puluh lima juta seratus sembilan puluh delapan ribu dua ratus dua puluh koma delapan tiga rupiah), lebih murah jika dibandingkan tipe pondasi tiang bor yang menelan biaya sebesar Rp 495.887.437,06 (empat ratus sembilan puluh

lima juta delapan ratus delapan puluh tujuh ribu empat ratus tiga puluh tujuh koma nol enam). Selisih prosentase harga sebesar 44,50%. Sedangkan dari segi waktu pelaksanaan tiang pancang lebih cepat 66,67% dibandingkan pelaksanaan pondasi tipe tiang bor. Dengan lama pelaksanaan tiang pancang selama 16 hari dan pelaksanaan tiang bor selama 48 hari. Dalam pelaksanaannya kedua pondasi tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Maka pada pelaksanaannya dipilih tiang bor dengan beberapa pertimbangan. Faktor utamanya adalah metode pelaksanaan tiang bor yang memungkinkan dilaksanakan pada lokasi yang terhimpit oleh bangunan-bangunan yang sudah ada, sehingga mobilisasi material tiang bor lebih ringkas dibanding mobilisasi tiang pancang atau tiang pancang yang harus menggunakan truk yang sangat panjang. Terlebih pada pelaksanaan instalasi tiang pancang sangat berisiko menimbulkan getaran yang dapat merusak konstruksi bangunan yang berada disekitar lokasi proyek. Walaupun tiang bor juga memiliki kendala pelaksanaan yaitu harus selalu dicek kedalaman dan keadaan tanah sekitar lubang bor apakah terjadi kelongsoran atau tidak.

2.2.4 Studi Perbandingan Tiang Pancang dengan Pondasi Tiang bor (Studi Kasus Pelaksanaan Pembangunan Pondasi *Tower Grand Kamala Lagoon-Bekasi*)

Muluk dkk. (2020) membandingkan biaya dan waktu pada pelaksanaan pembangunan pondasi pada *Tower Grand Kamala Lagoon*. Pada pelaksanaan pembangunan pondasinya direncanakan menghabiskan biaya sekitar Rp 16.243.500.000,00 (enam belas milyar dua ratus empat puluh tiga juta lima ratus ribu rupiah). Luasan bangunan berkisar 1400 m² dengan menggunakan jenis pondasi tiang pancang sebanyak 336 titik. Tiang pancang yang direncanakan dengan diameter 1000 mm dan memiliki beberapa variasi kedalaman, tipe F1 dengan kedalaman 12 m sebanyak 48 titik, tipe F2 memiliki kedalaman 25 m banyak titik pemancangan 102 lokasi, dan tipe F3 dengan kedalaman 34 m sebanyak 186 titik.

Perbandingan yang dilakukan adalah dengan komparasi biaya dan waktu dari pondasi tiang bor dan tiang pancang pada volume yang sama. Yaitu masing-masing jenis pondasi baik pondasi bor maupun pondasi pancang memiliki diameter 1000

mm dengan variasi kedalaman 12 m sebanyak 48 titik, 25 m sebanyak 102 titik, dan 34 m sebanyak 186 titik. Dari hasil analisa diketahui bahwa pondasi tiang pancang memerlukan biaya sebesar Rp 14.047.100.000,00 (empat belas milyar empat puluh tujuh juta seratus ribu rupiah) dengan estimasi waktu pelaksanaan selama 114 hari. Sedangkan pondasi tiang bor memerlukan waktu pelaksanaan selama 84 hari dengan biaya sebesar Rp 12.736.500.000,00 (dua belas milyar tujuh ratus tiga puluh enam juta lima ratus ribu rupiah). Kesimpulan yang didapat bahwa pondasi yang tepat digunakan adalah tiang bor dengan tiga aspek keunggulan yaitu durasi yang lebih singkat, biaya yang lebih murah dan aspek lingkungan yang lebih ramah terlebih pembangunan *Tower Grand Kamala Lagoon*-Bekasi ini adalah kawasan yang padat penduduk.

2.2.5 Analisis Perbandingan Biaya dan Waktu Pelaksanaan Tiang Pancang dan Tiang Bor (Studi Kasus Perencanaan Rumah Sakit Kelas B Bandung)

Jakti (2013) meneliti perancangan DED (*Detailed Engineering Design*) pada pembangunan Rumah Sakit Kelas B Bandung. Penelitian terfokus pada struktur bawah yaitu pondasi dalam. Pada proyek ini memiliki dua alternatif pemilihan jenis pondasi. Pilihan pertama yaitu pondasi tiang pancang persegi pejal dengan ukuran $45 \times 45 \text{ cm}^2$ dan panjang 15 m, durasi yang diperlukan dalam pelaksanaannya adalah 73 hari setra membutuhkan biaya sebesar Rp 2.654.542.120,00 (dua milyar enam ratus lima puluh empat juta lima ratus empat puluh dua ribu seratus dua puluh rupiah). Sedangkan hasil perhitungan pondasi tiang bor beton lingkaran pejal dengan ukuran diameter 40 cm dan panjang 14,25 m membutuhkan biaya sebesar Rp 2.670.697.330,00 dengan waktu pelaksanaan selama 98 hari.

Hasil dari perbandingan antara analisa pelaksanaan pondasi tiang pancang dan tiang bor pada proyek pembangunan Rumah Sakit Kelas B Bandung menunjukkan bahwa pondasi tiang pancang memiliki keunggulan pada aspek biaya maupun waktu pelaksanaan. Namun pada pelaksanaan nyata di lapangan harus mempertimbangkan adanya bangunan di sekitar yang sekiranya dapat terganggu jika tetap dipilih tiang pancang untuk pondasi dalamnya. Mengingat pada pelaksanaannya pondasi jenis ini menimbulkan suara bising dan getaran yang dapat mengganggu struktur di sekitarnya.

2.3 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Akan Dilakukan

Penelitian terdahulu merupakan salah satu acuan dan referensi penelitian yang akan dilakuka. Antara setiap penelitian terdahulu yang dijadikan referensi memiliki perbedaan dalam fokus penelitian masing-masing, perbedaan tersebut dirangkum sebagai berikut :

Tabel 2.1 Perbedaan antar Penelitian Terdahulu dan Akan Dilakukan

No	Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan	Hasil Penelitian
1	Pagehgi, 2015	Analisis Penggunaan Pondasi <i>Mini Pile</i> dan Pondasi Tiang bor Terhadap Biaya dan Waktu Pelaksanaan Pembangunan Ruang Kelas SMPN 10 Denpasar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengetahui besar selisih biaya dan waktu, akibat perubahan pondasi pondasi tiang bor menjadi pondasi <i>mini pile</i> pada pelaksanaan pembangunan ruang kelas SMPN 10 Denpasar. 2. Mengetahui Penyebab terjadinya Perbedaan Biaya dan waktu akibat perubahan Pondasi. 	<p>Hasil analisa pondasi dalam tiang pancang dengan dimensi 25x25 cm² dan kedalaman 4 m kalah unggul dari segi biaya dan waktu dibanding pondasi tiang bor dengan dimensi lebih besar yaitu diameter 30 cm dengan kedalaman 4 m. Pondasi tiang pancang membutuhkan biaya Rp 104.439.399,3 selama 33,78 hari. dan pondasi tiang bor membutuhkan biaya Rp 70.309.270,33 selama 22,51 hari.</p>

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan antar Penelitian Terdahulu dan Akan Dilakukan

No	Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan	Hasil Penelitian
2	Asmoro dan Setiyono, (2021)	Analisis antara Penggunaan Pondasi <i>Bore Pile</i> dengan Tiang Pancang (Studi Kasus : Gedung DPRD Kota Surabaya)	Mengetahui pilihan pondasi yang terbaik antara pondasi tiang pancang dan tiang bor dari segi biaya, waktu dan efek yang disebabkan untuk lingkungan.	Hasil analisa pondasi dalam tiang pancang dengan dimensi diameter 60 cm dan kedalaman 27 m lebih unggul dari segi biaya dan waktu dibanding pondasi tiang bor dengan dimensi lebih kecil yaitu diameter 80 cm dengan kedalaman 27 m. Pondasi tiang pancang membutuhkan biaya Rp 1.394.089.606,13 selama 4 hari. Dan pondasi tiang bor membutuhkan biaya Rp 2.691.403.007,81 selama 18 hari.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan antar Penelitian Terdahulu dan Akan Dilakukan

No	Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan	Hasil Penelitian
3	Sembiring, (2019)	Analisa Perbandingan Biaya dan Waktu Pelaksanaan Pondasi Tiang Pancang dengan Tiang Bor pada Proyek Masjid Agung	1. membandingkan biaya dan waktu yang dibutuhkan untuk pelaksanaan pondasi tiang pancang dan tiang bor. 2. mengetahui efisiensi waktu dan biaya antara kedua pondasi tiang apakah sama atau tidak.	Hasil analisa pondasi dalam tiang pancang lebih unggul dari segi biaya dan waktu dibanding pondasi tiang bor. Pondasi tiang pancang membutuhkan biaya Rp 275.198.220,83 selama 16 hari. Dan pondasi tiang bor membutuhkan biaya Rp 495.887.437,06 selama 48 hari.
4	Muluk dkk. (2020)	Studi Perbandingan Tiang Pancang dengan Pondasi Tiang bor (Studi Kasus Pelaksanaan Pembangunan Pondasi Tower Grand Kamala Lagoon-Bekasi)	Mengetahui perbedaan biaya dan waktu yang diperlukan dalam pelaksanaan pondasi dalam anatara tiang pancang dan tiang bor.	Hasil analisa pondasi dalam tiang bor lebih unggul dari segi biaya dan waktu dibanding pondasi tiang pancang dengan dimensi dan jumlah yang sama. Pondasi tiang bor membutuhkan biaya Rp 12.736.500.000,00 selama 84 hari. Dan pondasi tiang pancang membutuhkan biaya Rp 14.047.100.000,00 selama 114 hari.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan antar Penelitian Terdahulu dan Akan Dilakukan

No	Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan	Hasil Penelitian
5	Jakti, (2013)	Analisis Perbandingan Biaya dan Waktu Pelaksanaan Tiang Pancang dan Tiang Bor (Studi Kasus Perencanaan Rumah Sakit Kelas B Bandung)	Menganalisis perbandingan metode pelaksanaan antara pondasi tiang pancang dan pondasi tiang bor terhadap biaya dan waktu.	Hasil analisa pondasi dalam tiang pancang dengan dimensi 45x45 cm ² dan kedalaman 15 m lebih unggul dari segi biaya dan waktu dibanding pondasi tiang bor dengan dimensi lebih kecil yaitu diameter 40 cm dengan kedalaman 14,25 m. Pondasi tiang pancang membutuhkan biaya Rp 2.654.542.120,00 selama 73 hari. dan pondasi tiang bor membutuhkan biaya Rp 2.670.697.330,00 selama 98 hari.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan antar Penelitian Terdahulu dan Akan Dilakukan

No	Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan	Hasil Penelitian
6	Firdaus, (2022)	Analisa Perbandingan Biaya dan Waktu antara Pelaksanaan Pondasi Dalam Tiang Bor dan Tiang Pancang (Studi Kasus Pembangunan <i>Abutment</i> Jembatan Toll Serang Panimbang Op 4 Sukajadi 2)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengetahui perbandingan biaya pelaksanaan pondasi tiang bor dan tiang pancang. 2. Mengetahui perbandingan waktu pelaksanaan pondasi tiang bor dan tiang pancang. 3. Mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi perbedaan biaya dan waktu pelaksanaan pondasi tiang bor dan tiang pancang. 	

2.4 Posisi Penelitian Penulis

Penelitian penulis memiliki objek yang berbeda dari penelitian sebelumnya. Yaitu pada proyek pembangunan *abutment* Jembatan Toll Serang Panimbang Op 4 Sukajadi 2. Perencanaan yang sudah ada, pondasi dalam menggunakan pondasi tipe tiang bor. Pada penelitian ini akan dilakukan analisis perbandingan pondasi dalam dengan menggunakan tiang pancang. Komparasi dilakukan dengan membandingkan kedua jenis pondasi dalam dari segi biaya dan waktu. Pondasi bor sesuai dengan perencanaan yang sudah ada, sedangkan pondasi tiang pancang diperhitungkan terlebih dahulu dimensi dan jumlah tiang sesuai dengan beban kerja pada *abutment*.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Manajemen

Pengertian manajemen secara umum merupakan satu cabang ilmu pengetahuan dan seni dalam perencanaan, pengorganisasian, pengarahan serta pengawasan kinerja semua anggota organisasi dan pemanfaatan sumberdaya yang dimiliki organisasi tersebut demi mencapai tujuan yang sudah ditetapkan. Cakupan kegiatan dari manajemen meliputi kegiatan memimpin, mengelola, mengontrol, dan mengembangkan. Husen (2011) mengatakan bahwa manajemen adalah suatu ilmu pengetahuan tentang cara atau seni memimpin organisasi, yang mencakup kegiatan pengorganisasian, kegiatan perencanaan, kegiatan pelaksanaan, dan kegiatan pengendalian terhadap sumberdaya yang terbatas untuk mencapai tujuan dengan usaha yang efektif dan efisien.

Manajemen memiliki 4 fungsi menurut Reksopoetranto (1992) yaitu : *Planning* (perencanaan), *Organizing* (pengorganisasian), *Actuating* (penggerakan), dan *Controlling* (pengawasan).

1. *Planning* (Perencanaan)

Perencanaan diperlukan untuk usaha-usaha yang memiliki kegiatan dengan cakupan yang luas, dan merupakan langkah pertama dalam kerangka kegiatan untuk mencapai tujuan organisasi atau perusahaan. Perencanaan termasuk dalam kategori kegiatan persiapan. Karena termasuk kegiatan persiapan, maka *planning* harus dilakukan dengan baik dan matang. Hal tersebut dilakukan agar dalam tahap pelaksanaan tidak banyak ditemui kendala teknis maupun non teknis. Perencanaan yang matang diharapkan dapat menuntun organisasi ataupun perusahaan mencapai tujuan secara efektif dan efisien. Maka perlu diperhatikan unsur pendukung perencanaan yang baik yaitu : tujuan, kebijakan, prosedur, evaluasi kemajuan dan program.

2. *Organizing* (Pengorganisasian)

Pengorganisasian merupakan fungsi penting dari manajemen. Pengorganisasian memiliki fokus kegiatan pada penempatan sumber daya pada porsi dan tugasnya masing-masing untuk mejamin keberlangsungan kegiatan agar tujuan dapat tercapai. Terkhusus sumber daya manusia, pengorganisasian dapat berupa penetapan tugas dan peran, pelimpahan kewenangan, pengaduan dan pengisian tenaga kerja. Selebihnya pengorganisasian memiliki peran pengadaan sarana yang dibutuhkan dalam suatu kegiatan.

3. *Actuating* (Penggerakan)

Fungsi dari manajemen dapat menjadi penggerak bagi semua anggota organisasi atau perusahaan sesuai dengan porsi, kewajiban dan kewenangan yang sudah diberikan. Fungsi ini memiliki tujuan yang sama dengan fungsi-fungsi yang lain yaitu demi mencapai tujuan sesuai dengan perencanaan dari setiap kegiatan dalam organisasi maupun perusahaan. Dalam penerapannya, *Actuating* (penggerakan) dapat berupa *reward* atau insentif dan *punishment* atau hukuman. Insentif atau rangsangan yang diberikan tentunya berdasarkan capaian atau prestasi dari masing-masing anggota organisasi dan sesuai dengan kebutuhan (*needs*) mereka. Dapat berupa kebutuhan fisik dan non fisik seperti keamanan, sosial, status bahkan kebutuhan peningkatan kemampuan yang secara tidak langsung memiliki dampak positif terhadap organisasi atau perusahaan. Sedangkan hukuman atau sanksi yang diterapkan secara bijak merupakan upaya memberi efek jera dan sebagai kontrol kualitas dari sumber daya manusia.

4. *Controlling* (PENGASWAN)

Setiap pekerjaan atau kegiatan yang dilaksanakan tidak tertutup kemungkinan mengalami kendala. Baik kendala teknis maupun non teknis. Kendala tersebut dapat dicegah dengan perencanaan, pengorganisasian dan penggerakan yang baik. Namun ada kalanya kendala masih terjadi. Maka untuk menilai suatu kegiatan atau hasil kegiatan memiliki kendala atau tidak, perlu dilakukan *controlling* atau pengawasan. Tujuannya adalah agar kegiatan dapat berjalan dengan baik sesuai dengan perencanaan, dan hasil kegiatan yang mengalami

penyimpangan dapat diperbaiki agar sesuai dengan kualitas dan kuantitas perencanaan.

3.2 Proyek Konstruksi

Proyek konstruksi merupakan rangkaian kegiatan yang dilaksanakan dalam jangka waktu tertentu, di suatu lokasi tertentu dengan alokasi kebutuhan sumber daya yang terbatas sesuai dengan perencanaan sebelumnya untuk mencapai tujuan yang sudah ditetapkan sebelumnya. Ervianto (2005), proyek konstruksi merupakan kegiatan yang diadakan dalam selang waktu yang terbatas, tidak berulang dan memiliki tujuan khusus. Berbeda dengan manufaktur yang memiliki waktu pelaksanaan yang cenderung terus-menerus, jangka waktu panjang dan hasil keluaran yang sama.

Ervianto (2005), menyimpulkan karakteristik proyek konstruksi adalah sebagai berikut ini :

1. Proyek konstruksi bersifat unik

Proyek konstruksi dikatakan bersifat unik karena pada pelaksanaan kegiatan konstruksi tidak pernah terjadi rangkaian kegiatan yang sama persis antara satu proyek dengan proyek yang lain. Proyek konstruksi satu dengan yang lainnya bisa jadi memiliki jenis yang sama, namun tidak memiliki kesamaan yang identik. Bisa jadi perbedaan terdapat pada grup pelaksana yang berbeda, lokasi yang berbeda, material yang berbeda, metode pelaksanaan yang berbeda, dan aspek lainnya yang memiliki kemungkinan berbeda.

2. Membutuhkan sumber daya (*resources*)

Semua proyek konstruksi memerlukan sumber daya dalam pelaksanaannya guna mencapai tujuan sesuai dengan perencanaan. Sumber daya tersebut merupakan satu-kesatuan yang terdiri dari manusia atau pekerja dan “sesuatu” (uang, metode, material, mesin). Pemilihan sumber daya yang tepat dapat menunjang keberhasilan dari sebuah proyek konstruksi.

3. Membutuhkan organisasi

Setiap sumber daya yang telah dipilih dalam sebuah proyek konstruksi memiliki karakteristik masing-masing. Karakteristik tersebut dapat berupa hal positif yang

dapat menunjang keberhasilan sebuah proyek konstruksi. Atau hal negatif yang dapat menjadi penghalang tercapainya tujuan yang direncanakan. Maka sebuah proyek konstruksi perlu diterapkan pengorganisasian terhadap semua sumber daya yang tersedia, untuk mendapatkan potensi positif dari masing-masing sumber daya yang diperlukan dalam proyek konstruksi tersebut.

3.3 Manajemen Proyek

Menurut Soeharto (1995), manajemen proyek dapat diartikan merencanakan, mengorganisasi, memimpin serta mengendalikan sumber daya perusahaan demi mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan dalam perencanaan. Dipohusodo (1996), manajemen proyek adalah upaya yang diorganisasikan dalam mencapai tujuan, sasaran dan harapan-harapan penting dengan menggunakan anggaran biaya dan sumber daya yang disediakan, dan harus diselesaikan dalam jangka waktu yang ditentukan. Sedangkan menurut Ervianto (2005), menyatakan bahwa manajemen proyek adalah semua kegiatan perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi dalam suatu proyek dari awal (gagasan) sampai berakhirnya proyek untuk menjamin proyek dilaksanakan tepat waktu, tepat biaya dan tepat mutu. Dari definisi tersebut dapat disimpulkan bahwa manajemen proyek merupakan upaya melaksanakan sebuah proyek agar dapat diselesaikan dengan tepat waktu, tepat biaya dan tepat mutu, dengan mengerahkan sumber daya yang tersedia dan terorganisir. Dengan adanya manajemen proyek maka diperoleh metode teknis yang terbaik untuk melaksanakan proyek, sehingga dapat didapatkan hasil yang maksimal.

Menurut Utomo (2002), keberhasilan proyek dapat dicapai jika seorang manajer mempertimbangkan dengan baik tiga aspek, yang pertama ruang lingkup pekerjaan yang akan dikerjakan, serta hasil (kualitas atau mutu) yang diinginkan konsumen yang mampu dicapai dalam pelaksanaan proyek. Aspek yang kedua adalah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek. Yang ketiga adalah biaya yang dibutuhkan dalam proyek tersebut sehingga dapat diselesaikan dengan baik. Dalam menjaga tujuan proyek dapat tercapai maka perlu memperhatikan tiga batasan atau dikenal dengan *triple constrain*. Tiga batasan tersebut adalah :

1. Tepat biaya

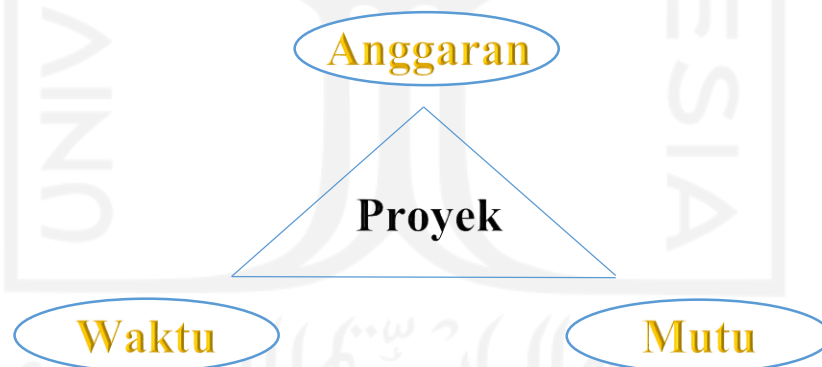
Setiap proyek konstruksi yang akan dilaksanakan sudah memiliki anggaran biaya yang dihitung dengan detail. Dari hasil perhitungan biaya tersebut menjadi patokan batas biaya pelaksanaan proyek. Pelaksanaan proyek harus mematuhi batasan tersebut sehingga tidak melebihi anggaran yang sudah ditetapkan. Baik biaya tiap *item* pekerjaan, biaya periodik pelaksanaan dan biaya keseluruhan proyek atau total biaya sampai proyek selesai.

2. Tepat waktu

Proyek konstruksi memiliki jadwal pelaksanaan yang sudah tersusun dalam perencanaan. Pelaksanaan proyek diharapkan tepat waktu sesuai dengan perencanaan yang ditunjukkan dalam bentuk *work progress*.

3. Tepat mutu

Mutu atau kualitas produk harus sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan oleh pemilik proyek. Batasan mutu harus dilaksanakan dengan baik agar produk tetap dapat berfungsi sesuai dengan rencana.



Gambar 3.1 Diagram *Triple Constraint*

Tiga batasan atau *triple constraint* merupakan tolok ukur yang sangat penting untuk pelaksana proyek. Dengan menepati tiga batasan tersebut maka sebuah proyek dapat dikategorikan sebagai proyek yang berhasil memenuhi tujuan dan target. Upaya agar sebuah proyek tetap beralan dalam tiga batasan tersebut dapat dilakukan dengan melakukan *controlling* atau pengawasan. Pengawasan yang dilakukan mencakup ketiga batasan yaitu batasan tepat waktu, tepat biaya dan tepat mutu. Batasan tepat biaya dan waktu saling berkaitan satu sama lain. Pengendalian

jadwal proyek yang baik dan tepat waktu dapat menjaga anggaran biaya tidak keluar dari batasannya. Sebaliknya, *cash flow* yang tidak baik dapat mempengaruhi waktu penyelesaian proyek, sehingga perlu dilakukan usaha manajemen waktu-biaya guna meningkatkan kualitas perencanaan waktu untuk menghadapi jumlah kegiatan dan pekerjaan kompleks tambahan.

3.4 Biaya Proyek

Biaya dalam sebuah proyek konstruksi dapat dibedakan menjadi dua kelompok. Biaya langsung (*Direct Cost*) dan biaya tidak langsung (*Indirect Cost*). Kedua jenis biaya tersebut dikendalikan menjadi *fixed cost* agar tidak terjadi pembengkakan biaya di kemudian hari.

3.4.1 Biaya Langsung (Direct Cost)

Biaya langsung adalah biaya yang secara langsung berhubungan dengan konstruksi, biaya langsung digunakan untuk kebutuhan konstruksi dan memiliki hasil permanen pada proyek. Menurut Malik (2012), biaya langsung mencakup semua biaya yang dikeluarkan untuk hal berikut ini :

1. Biaya bahan dan material

Biaya langsung untuk bahan dan material harus dimanfaatkan dengan bijak. Untuk itu perlu diperhatikan poin penting agar pengeluaran dapat efisien.

- a. Bahan dan material dipilih dengan kualitas dan kuantitas sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan.
- b. Perlu dipertimbangkan harga yang terbaik untuk memenuhi kebutuhan bahan dan material. Tentu sesuai spesifikasi yang disyaratkan.
- c. Memperhitungkan dengan cermat kebutuhan bahan dan material untuk menghindari sisa bahan yang terbuang (*waste*).
- d. Perlu memperhitungkan *cash flow* dalam organisasi manajemen proyek konstruksi untuk menentukan cara pembayaran kepada *supplier* atau penjual.

2. Biaya upah tenaga kerja

Biaya langsung mencakup pembayaran kepada tenaga kerja. Dalam memperhitungkan besaran biaya ini perlu diperhatikan hal-hal berikut ini :

- a. Menentukan jenis pembayaran upah kepada tenaga kerja. Dapat berupa upah harian, atau upah borongan per volume pekerjaan, bahkan bisa juga upah borongan untuk keseluruhan item pekerjaan.
- b. Pemberian upah harus memperhitungkan harga jasa yang berlaku di daerah proyek, selain itu juga harus memperhitungkan kemampuan dan kapasitas kerja.
- c. Memperhatikan undang-undang tenaga kerja yang berlaku sebagai wujud tanggungjawab organisasi proyek terhadap pekerja.
- d. Sumber daya manusia atau tenaga kerja yang direkrut dapat diupayakan berasal dari daerah sekitar proyek dengan mempertimbangkan kapasitas kemampuan tenaga kerja. Bila belum mencukupi dapat dicari tenaga kerja dari luar daerah dengan konsekwensi akan ada biaya tambahan berupa akomodasi, tempat tinggal sementara dan sebagainya.

3. Biaya pengadaan peralatan

Menurut Ervianto (2002), dalam usaha pengadaan peralatan konstruksi perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- a. Peralatan yang dibeli harus dipertimbangkan nilai depresiasi, nilai bunga investasi, perawatan berkala dan perbaikan besar. Termasuk biaya yang dikeluarkan untuk mobilisasi peralatan.
- b. Peralatan yang disewa perlu diperhitungkan biaya sewa, biaya bahan bakar, biaya operator, biaya mobilisasi dan biaya operasional lainnya.

3.4.2 Biaya Tidak Langsung (*Indirect Cost*)

Biaya tidak langsung secara umum adalah biaya yang tidak langsung berhubungan dengan proyek konstruksi. Menurut Sastroatmadja (1984), biaya tidak langsung dapat diartikan dengan biaya yang secara langsung berhubungan dengan proyek konstruksi, namun mutlak adanya dan tidak dapat dihilangkan dari proyek konstruksi. Biaya tidak langsung *indirect cost* ada beberapa macam, diantaranya adalah :

1. Biaya *overhead*

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 11/PRT/M/2013 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Umum menyatakan bahwa biaya *overhead*

dikenal juga dengan biaya umum dihitung dari besaran biaya langsung tergantung lama waktu pekerjaan, nilaitingkat bunga dan yang lainnya dengan ketentuan yang berlaku. Biaya *overhead* dibagi menjadi 2, yaitu :

a. *Overhead* proyek (di lapangan), biaya ini mencakup hal-hal berikut :

- 1) Biaya operasional personil di lapangan.
- 2) Biaya untuk penyediaan fasilitas sementara proyek, meliputi direksi kit, gudang, penerangan, pagar, ruang pabrikasi dan lain-lain.
- 3) Bank garansi, bunga bank, ijin bangunan dan pajak.
- 4) Peralatan kecil yang habis pakai atau kehilangan nilai setelah proyek selesai.
- 5) Foto-foto dan gambar jadi.
- 6) Kontrol kualitas, termasuk tes tekan silinder beton dan kubus beton, baja sondir dan lain-lain.
- 7) Biaya keperluan rapat.
- 8) Biaya untuk keperluan pengukuran.

b. *Overhead* kantor

Biaya *overhead* kantor merupakan biaya yang digunakan untuk keperluan operasional kantor. Biaya ini meliputi sewa kantor dan fasilitasnya, honor pegawai kantor, ijin usaha, pra-kualifikasi, dan lain-lain.

2. Biaya tak terduga (*Contingencies*)

Proyek konstruksi hendaknya memiliki perencanaan yang matang. Namun ada kalanya hadir kendala atau masalah yang tidak dapat dipastikan waktu, lokasi dan skalanya. Bisa juga terjadi kendala datang karena kurang teliti dalam perencanaan. Untuk menutup kebutuhan yang tak terduga seperti ini diperlukan meluangkan biaya 0,5-5% dari total biaya proyek. Penyebab keadaan yang tak terduga antara lain :

a. Akibat kesalahan

Sebagai manusia memiliki kelemahan dan kemungkinan untuk salah. Termasuk *man* sebagai salah satu sumber daya dalam proyek konstruksi. Kesalahan yang terjadi dapat berupa salah hitung, salah gambar, lupa

mencantumkan notasi gambar, tidak tepat menempatkan pekerja pada pos pekerjaannya dan lain sebagainya.

b. Ketidakpastian subjektif

Hal yang timbul karena perbedaan interpretasi terhadap bestek. Dapat pula disebabkan fluktuasi ekonomi yang menyebabkan kenaikan harga material, upah buruh yang tidak diperkirakan sebelumnya.

c. Ketidakpastian objektif

Ketidakpastian objektif dapat diartikan sebagai ketidakpastian tentang perlu tidaknya item pekerjaan yang mana ketidakpastian ini ditentukan oleh factor diluar kemampuan manusia. Seperti kebutuhan *sheet pile* untuk menunjang pembangunan pondasi yang dipengaruhi oleh tinggi rendahnya muka air dalam tanah.

d. Variasi efisiensi

Setiap sumberdaya yang terlibat dalam sebuah proyek konstruksi memiliki karekteristiknya masing-masing. Hal tersebut berdampak pada tingkat produktivitas masing-masing sumberdaya.

3. Biaya *profit* atau keuntungan

Setiap pelaksana proyek konstruksi menginginkan keuntungan. Keuntungan tidak dapat disamakan dengan gaji atau upah. Keuntungan merupakan hasil jerih payah dari keahlian, ditambah hasil dari factor risiko. Keuntungan sudah termasuk biaya risiko pekerjaan semenjak pelaksanaan sampai dengan masa pemeliharaan dalam kontrak pekerjaan.

3.5 Waktu Proyek (Penjadwalan)

Proyek konstruksi direncanakan agar dapat diselesaikan dengan waktu yang optimal. Maka dari itu mutlak direncanakan urutan tiap *item* pekerjaan konstruksi dan durasi masing-masing pekerjaan serta mengurutkannya. Menurut Soeharto (1995), penjadwalan proyek konstruksi adalah pengalokasian waktu untuk menyelesaikan masing-masing pekerjaan agar proyek dapat diselesaikan dengan waktu yang optimal dengan mempertimbangkan keterbatasan-keterbatasan yang ada. Sedangkan pendapat Ervianto (2003), penjadwalan adalah usaha untuk

menentukan waktu yang dibutuhkan masing-masing pekerjaan dan urutannya serta menentukan waktu total penyelesaian dari semua pekerjaan. Panjang pendeknya durasi suatu proyek dipengaruhi banyak faktor, antara lain skala proyek, *cash flow* organisasi proyek, ketersediaan bahan material, mobilisasi alat dan bahan material, jumlah tenaga kerja dan alat, dan pengaturan jadwal yang dilakukan. Maka penjadwalan yang baik dan pengendalian proyek yang benar dapat menjamin proyek selesai tepat waktu.

3.5.1 Metode Penjadwalan Proyek

Metode atau cara merupakan seni untuk mencari solusi dari berbagai persoalan. Termasuk dalam melaksanakan proyek konstruksi yang memiliki kompleksitas kegiatan tinggi diperlukan metode untuk perencanaan waktu dan jadwal. Dalam perkembangannya muncul metode penjadwalan (*bar chart*) bagan balok. Metode ini masih sangat sederhana dengan susunan balok mewakili unsur waktu dan urutan dalam perencanaan suatu proyek. Namun metode ini memiliki keterbatasan saat digunakan untuk menganalisa hubungan ketergantungan antar kegiatan, terutama pada proyek dengan skala yang besar. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut berkembang pendekatan jaringan kerja sebagai penyempurnaan dari pendekatan jaringan balok. Menurut Soeharto (1997), ada beberapa jenis jaringan kerja yang luas pemakaiannya, yaitu :

1. Metode PDM (*Precedence Diagram Method*).
2. Metode CPM (*Critical Path Method*).
3. Metode PERT (*Project Evaluation and Review Technique*).
4. Metode GERT (*Grafical Evaluation and Review Technique*).

Sedangkan menurut Pardede (2014), metode yang dapat digunakan untuk melakukan penjadwalan proyek konstruksi sebagai berikut :

1. Bagan balok (*Bar Chart*).
2. Kurva S (*Hanumm Curve*).
3. Metode penjadwalan linier (Diagram Vector)
4. Metode PDM (*Precedence Diagram Method*).
5. Metode CPM (*Critical Path Method*).
6. Metode PERT (*Project Evaluation and Review Technique*).

Setiap metode yang akan dipilih untuk melakukan penjadwalan proyek konstruksi memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Perlu mempertimbangkan metode terbaik yang akan dipilih agar didapatkan hasil konstruksi sesuai rencana dengan biaya dan waktu yang optimal. Untuk menunjang hal tersebut, perlu dilakukan pengawasan dan kontrol agar kendala yang mungkin terjadi di kemudian hari dapat dievaluasi dan diambil keputusan jalan keluar agar dapat sesuai dengan perencanaan awal.

3.6 Pondasi

Pondasi merupakan struktur bangunan bagian bawah yang memiliki peran menerima beban keseluruhan bangunan dari struktur di atasnya kemudian meneruskannya ke tanah. Menurut Gunawan (1983), pondasi adalah bagian dari struktur bangunan yang bertugas meletakkan bangunan dan meneruskan beban bangunan atas ke dalam tanah yang cukup kuat mendukungnya. Karena tugasnya yang vital, pondasi harus diperhitungkan dengan baik kemampuannya mendukung berat sendiri bangunan, beban-beban berguna dan gaya-gaya luar seperti angin, gempa bumi, dan lain-lain, sehingga bangunan stabil tidak terjadi keruntuhan geser tanah dan penurunan tanah atau pondasi yang berlebihan. Bowles (1991) menjelaskan bahwa pondasi merupakan bagian dari system rekayasa yang berperan meneruskan beban yang ditopangnya dan juga beratnya sendiri ke dalam tanah atau bebatuan yang ada di bawahnya. Sedangkan menurut Frick (2001), pondasi adalah bagian dari bangunan yang menjadi penghubung antara bangunan dengan tanah, berperan menjamin kestabilan bangunan terhadap bebannya sendiri, beban hidup dan termasuk gaya-gaya luar terhadap bangunan seperti gempa bumi dan tekanan angin.

Secara umum pondasi dapat berfungsi sebagai penahan bangunan dan meneruskan beban bangunan ke dalam tanah di bawahnya, sebagai alas dari bangunan dan penjaga kedudukan bangunan agar stabil dan tidak mengalami perubahan lokasi.

3.6.1 Pemilihan Jenis Pondasi

Pondasi terdiri dari berbagai jenis dan fungsi. Untuk menentukan jenis pondasi yang akan digunakan, Suyono (1984) menerangkan beberapa pertimbangan sebagai berikut :

1. Keadaan tanah pondasi

Dalam menentukan jenis pondasi yang dibutuhkan, perlu mengetahui keadaan tanah yang mencakup jenis tanah, daya dukungnya, kedalaman tanah keras dan lain-lain.

2. Struktur bangunan di atasnya

Pertimbangan yang tidak kalah penting adalah mengetahui karakteristik bangunan yang akan ditopang oleh pondasi. Hal ini meliputi beban keseluruhan bangunan, potensi gaya luar, dan juga termasuk peruntukan bangunan.

3. Keadaan lingkungan sekitar

Pemilihan jenis pondasi juga harus memperhitungkan dampak dari pelaksanaan konstruksinya terhadap lingkungan. Pekerjaan pondasi sebisa mungkin tidak mengganggu struktur bangunan sekitar dan tidak mengganggu masyarakat di lingkungan tersebut. Termasuk memperhitungkan mobilisasi bahan dan alat apakah memungkinkan memasuki lokasi proyek.

4. Biaya dan waktu pelaksanaan pekerjaan

Masing-masing jenis pondasi memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Karakteristik dari masing-masing jenis pondasi tersebut dipengaruhi banyak faktor yang akibatnya adalah tingkat efektifitas dan efisiensi waktu serta biaya. Setiap pekerjaan pondasi diharapkan memiliki biaya sehemat mungkin dan waktu sesingkat mungkin. Namun pada praktiknya di lapangan hanya didapat waktu dan biaya yang optimal karena pertimbangan faktor-faktor lainnya.

3.6.2 Macam-Macam Pondasi

Secara garis besar pondasi dibagi menjadi dua kelompok, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam.

1. Pondasi dangkal

Pondasi dangkal adalah pondasi yang mendukung langsung beban bangunan pada tanah di pondasi tersebut. Ada pula yang berpendapat bahwa pondasi dangkal memiliki kedalaman tidak lebih dari 3 meter. Macam-macam pondasi dalam adalah sebagai berikut :

- a. Pondasi telapak
- b. Pondasi memanjang
- c. Pondasi rakit
- d. Pondasi sumuran
- e. Pondasi umpak
- f. Pondasi plat beton lajur
- g. Pondasi *strauss pile*.

2. Pondasi dalam

Pondasi dalam merupakan pondasi yang dirancang untuk menyalurkan beban bangunan di atasnya ke tanah keras yang berada jauh dari permukaan tanah. Jenis-jenis pondasi dalam antara lain :

a. Pondasi tiang (*pile*)

Pondasi tiang dapat berbahan kayu, baja atau beton. Pondasi tiang yang terbuat dari beton ada beberapa macam :

- 1) Tiang bor (*bore pile*)
- 2) Tiang pancang (*spun pile*)
- 3) Tiang *Franky*
- 4) Tiang mini (*mini pile*)

b. Pondasi *Caisson*

3.6.3 Pondasi Tiang Bor

Pondasi tiang bor memiliki daya dukung pada tekanan ujung tiang (*end bearing capacity*) dan gaya geser antara tiang pancang dengan tanah sekelilingnya. Umumnya pondasi tiang bor digunakan pada tanah yang stabil dan kaku, karena pada tanah jenis tersebut dimungkinkan dibuat lubang untuk pondasi tiang. Namun jika tanah yang akan ditanam tiang bor kurang stabil atau berair dapat dibantu dengan pipa besi untuk menahan agar lubang yang telah dibuat dengan alat bor tidak

mengalami deformasi atau bahkan runtuh. Pipa besi tersebut ditarik keluar dari lubang bersamaan dengan proses pengecoran beton.

1. Tahap pelaksanaan tiang bor

Setelah diketahui dimensi dan kedalaman tiang bor, juga sudah ditentukan alat dan metode pelaksanaannya, maka pelaksanaan pekerjaan tiang bor sudah dapat dilaksanakan. Urutan pelaksanaan pekerjaan tiang bor adalah sebagai berikut :

a. Pekerjaan persiapan

Pekerjaan persiapan mencakup kegiatan-kegiatan berikut ini :

- 1) Penentuan titik pengeboran tiang bor dibantu dengan *theodolith*. Setiap titik diberi tanda patok.
- 2) Persiapan alat dan bahan.
- 3) Perencanaan urutan pengeboran dan pengecoran tiang bor.
- 4) Persiapan drainase dan kolam tampungan air sisa pengeboran.

b. Proses pengeboran

Tahapan proses pengeboran tiang bor sebagai berikut :

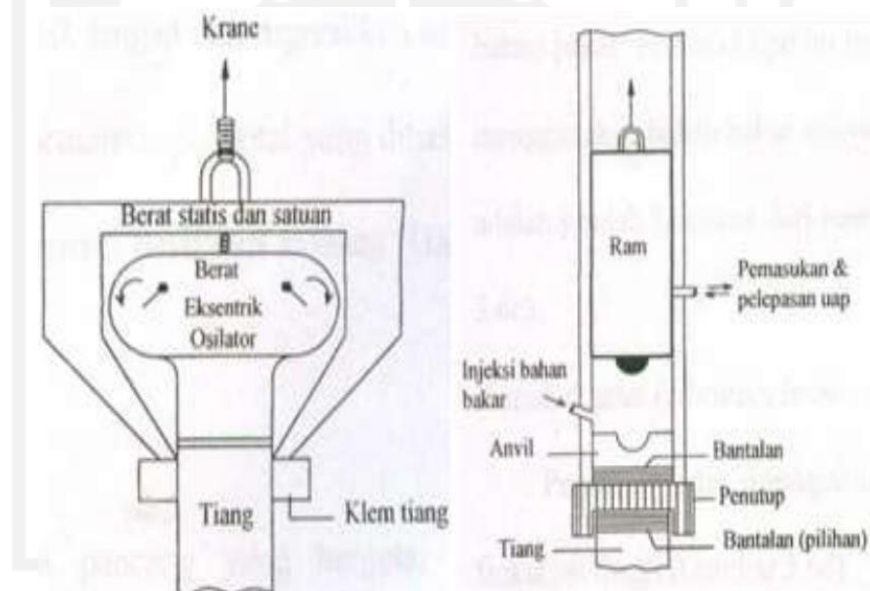
- 1) Alat bor diposisikan pada lokasi tertentu yang sudah direncanakan. Stang bor dan *auger* diposisikan tegak lurus.
- 2) Pengeboran dilakukan dengan memutar stang bor kearah kanan dengan diberi tekanan
- 3) Jika lubang hasil pengeboran rawan terjadi keruntuhan maka diberi *chasing* sementara dari pipa besi.
- 4) Pengeboran berlangsung bersamaan dengan proses penghisapan tanah yang dicampur air yang dipompa ke dalam lubang. Air dan sisa tanah pengeboran dialirkan ke dalam kolam penampungan.
- 5) Pengeboran dihentikan setiap interval kedalaman 3 meter untuk menyambung stang bor. Setelah penyambungan selesai pengeboran dapat lakukan kembali.
- 6) Penghisapan air bercampur tanah dihentikan sementara saat kedalaman pengeboran hampir tercapai (± 1 meter), namun pengeboran tetap dilakukan sampai kedalaman yang direncanakan.

- 7) Stang bor diangkat 0,5-1 meter diatas dasar lubang bor sambol tetap diputar. Bersamaan dengan itu, air dipompa ke dalam lubang kemudian dihisap ke kolam penampungan sampai air yang dihisap cukup bersih.
 - 8) Stang bor diangkat dari lubang.
 - 9) Lubang bor kemudian dibersihkan dari sisa-sisa tanah dan air.
- c. Instalasi tulangan dan pipa tremi
- Tahapan pemasangan pipa tremi sebagai berikut :
- 1) Tulangan yang sudah disiapkan diangkat dengan bantuan *crane*. Tulangan yang sudah dirangkai dipastikan kuat ikatannya. Pengangkatan dilakukan dengan hati-hati dan dipastikan tegak lurus lubang bor.
 - 2) Tulangan dimasukkan ke dalam lubang bor dengan hati-hati dan teliti agar tidak banyak bersinggungan antara tulangan dan tanah sekeliling lubang, sehingga tidak terjadi keruntuhan dan kontaminasi lumpur atau tanah pada beton pondasi tiang. Jika terjadi runtuh maka harus dibersihkan kembali.
 - 3) Tulangan yang sudah masuk di dalam lubang bor diberi tahanan berupa potongan besi melintang lubang bor.
 - 4) Pipa tremi dimasukkan ke dalam lubang bor sampai 25-50 cm diatas dasar lubang bor.
- d. Pengecoran beton tiang bor
- Berikut merupakan tahapan pengecoran pondasi tiang bor :
- 1) Pengecoran dilakukan dengan menuang adonan campuran beton dengan *slump* 18 ± 2 cm dari truk molen (*ready mix*) ke dalam lubang bor melalui corong di atas pipa tremi.
 - 2) Penuangan campuran beton dilakukan terus-menerus tanpa jeda agar aliran adonan beton tidak macet.
 - 3) Pipa tremi perlu dihentak-hentak agar adonan beton tetap mengalir dengan baik.
 - 4) Pipa tremi perlu dijaga posisinya tetap pada pusat lubang bor agar tidak merusak tulangan.

- 5) Pengecoran dihentikan jika adonan beton sudah mencapai 0,5-1 meter di atas batas beton bersih. Dan dipastikan adonan beton yang tercampur dengan sisa lumpur dan air dari dalam lubang sudah keluar.
- 6) Setelah pengecoran selesai, pipa tremi diangkat dan dibersihkan. Begitu pula pipa *chasing* tiang bor diangkat dan dibersihkan.

3.6.4 Pondasi Tiang Pancang

Pondasi dalam dengan tipe tiang dapat dibedakan berdasarkan proses pelaksanaannya. Yaitu dengan cara dipancang atau dipukul (*hammer*) mesin uap, pemukul yang dijatuhkan (gravitasi) atau dengan pemukul getaran, dan jenis yang lain dengan cara dibor.



Gambar 3.2 Skema Pemukul Tiang Pancang

(Sumber : Hardiyatmo, 2001)

1. Tahapan pelaksanaan pondasi tiang pancang.

Setelah diketahui ukuran pondasi dan kedalaman pemancangan serta sudah ditentukan alat yang digunakan. Maka pemancangan dapat dilaksanakan dengan urutan sebagai berikut :

- a. Pekerjaan persiapan

Tiang pancang memiliki tahap persiapan seperti berikut ini :

- 1) Memberi tanda setiap tiang tanggal dicor. Titik-titik angkat juga diberikan pada tiang untuk memudahkan operator saat mobilisasi tiang pancang. Titik-titik angkat tersebut adalah $1/5L$ dari kedua ujung tiang untuk metode pengangkatan dua tumpuan. Biasanya untuk mobilisasi tiang pancang dari pabrik ke trailer dan dari trailer ke gudang proyek. Sedangkan untuk pemancangan digunakan metode pengangkatan satu titik dengan syarat titik angkat $L/3$ dari kepala tiang.
 - 2) Pengangkatan dan pemindahan tiang harus hati-hati dan sesuai prosedur yang disyaratkan.
 - 3) Perencanaan *final set* tiang, mencakup kedalaman tiang pancang dan data jumlah pukulan terakhir (*final set*).
 - 4) Perencanaan urutan pemancangan agar mempermudah manuver alat. Gudang tiang pancang mudah dijangkau dan tidak mengganggu area pemancangan.
 - 5) Penentuan titik pemancangan dengan bantuan *Theodolith* dan diberi tanda patok.
- b. Tahap pemancangan
- Tahap pemancangan tiang pancang sebagai berikut :
- 1) Alat pancang diposisikan pada lokasi pemancangan. Diposisikan juga as *hammer* tepat jatuh di atas titik pancang.
 - 2) Tiang pancang diangkat dan diposisikan pada titik pancang.
 - 3) Tiang didirikan di samping *driving lead* dan kepala tiang dipasang pada helmet yang dilapisi kayu.
 - 4) Ujung bagian bawah tiang pancang diletakkan pada titik pancang yang sudah ditandai.
 - 5) Penyetelan vertical dilakukan dengan menyetel *backstay* dan dipastikan posisi tiang betul-betul vertical dengan alat *waterpass*. Bagian bawah tiang diklem dengan *center gate* pada dasar *driving lead* supaya posisi tiang tidak bergeser.
 - 6) Pemancangan dimulai dengan mengangkat hammer dan memukulkan pada helm yang dipasang pada kepala tiang dengan kontiniu.

- 7) Pemancangan dihentikan sementara untuk penyambungan jika diperlukan. Dan dilanjutkan kembali setelah penyambungan selesai.
- 8) Pemancangan dihentikan saat ujung bawah tiang sampai *final set* yang ditentukan.
- 9) Tiang yang sudah ditanam dipotong pada *cut off* yang ditentukan.

3.6.5 Kelebihan dan Kekurangan Pondasi Tiang Bor dan Tiang Pancang

Pondasi tiang bor maupun tiang pancang memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing.

1. Kelebihan tiang bor

Kelebihan dari tiang bor adalah sebagai berikut :

- a. Proses pekerjaannya tidak menimbulkan getaran dan kebisingan.
- b. Cocok untuk kebutuhan pondasi berdiameter besar
- c. Pondasi dapat dibuat dengan dimensi sesuai kebutuhan.

2. Kekurangan tiang bor

Tiang bor juga memiliki kekurangan sebagai berikut :

- a. Pekerjaan yang rumit dan kompleks karena *cast in situ*
- b. Kebutuhan alat lebih banyak. Seperti mesin bor, *crane*, *cleaning bucket*, *chasing*, *crane*, pompa air dan yang lainnya. Dapat menyebabkan biaya pelaksanaan lebih besar.
- c. Rentan terhadap pengaruh tanah, lumpur dan air dalam lubang.
- d. Kualitas beton bertulang tidak seragam antara satu tiang dengan yang lain.
- e. Waktu pengerjaan yang relative lebih panjang.

3. Kelebihan tiang pancang

Tiang pancang memiliki kelebihan seperti berikut ini :

- a. Kualitas terjamin karena dibuat di pabrik dengan kontrol yang ketat.
- b. Waktu yang dibutuhkan relative lebih singkat.
- c. Pelaksanaan mudah dan praktis.
- d. Kualitas tiang tidak terpengaruhi kontaminasi tanah, lumpur dan air dalam tanah.
- e. Cocok untuk kebutuhan dengan perhitungan daya dukung vertical yang ketat.

4. Kekurangan pondasi tiang pancang

Selain kelebihan-kelebihannya, tiang pancang juga memiliki sisi kekurangan sebagai berikut:

- a. Pekerjaannya menimbulkan getaran dan suara bising, sehingga kurang cocok untuk daerah padat penduduk dan dan daerah sibuk.
- b. Diameter yang cukup besar cenderung sulit dilakukan pemancangan. Bahkan jika sangat besar diameter tiang pondasi, maka tidak dapat dilakukan pemancangan dan mobilisasi tiang dari pabrik ke lokasi proyek.
- c. Panjang tiang pancang dari pabrik terbatas. Jika diperlukan tiang pancang lebih dari spesifikasi pabrik, maka harus dilakukan penyambungan dengan alat khusus.
- d. Panjang tiang pancang tidak selalu sesuai antara spesifikasi pabrik dan kebutuhan dilapangan. Selain penyambungan jika tiang pancang terlalu panjang maka diperlukan pemotongan tiang pancang. Hal ini membutuhkan waktu dan pelaksanaannya cukup sulit.

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan mencari data proyek yang berkenaan dengan pondasi pada proyek pembangunan *abutment over pass* 4 Sukajadi 2 Toll Serang Panimbang. Pada penelitian ini tidak diperlukan hipotesis karena penelitian ini mengolah data pondasi yang sudah ada untuk mendapatkan komparasi waktu dan biaya antara pelaksanaan menggunakan pondasi tiang bor dan tiang pancang.

4.2 Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah rencana pelaksanaan pekerjaan pondasi dalam proyek pembangunan *abutment over pass* 4 Sukajadi 2 Toll Serang Panimbang dengan tiang bor yang sudah direncanakan kemudian dikomparasi dengan alternatif perencanaan pondasi dalam dengan tiang pancang.

4.3 Metode Pengumpulan Data

Pada Penelitian ini terdapat dua jenis data yang dihimpun untuk melakukan analisa. Data tersebut adalah data primer dan data skunder.

1. Data primer

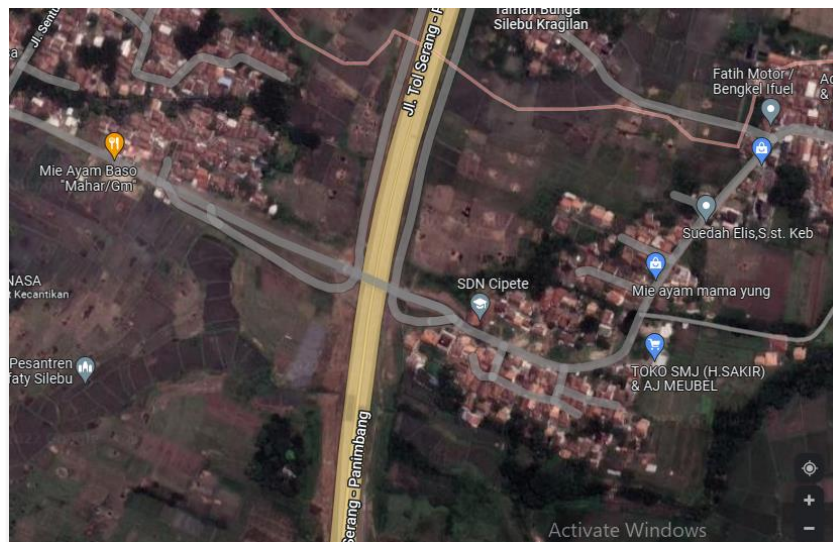
Data primer merupakan data yang berasal dari sumber-sumber langsung dari tangan pertama (Sukarmad, 2000). Dalam penelitian ini data primer didapat dengan wawancara pelaksana proyek.

2. Data skunder

Data skunder adalah data tambahan yang didapat bukan dari tangan pertama. Pada penelitian ini data skunder mencakup data gambar kerja pondasi tiang bor proyek *abutment over pass* 4 Sukajadi 2 Toll Serang Panimbang, satuan harga barang dan jasa Banten, SNI, penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya tentang komparasi biaya dan waktu antara pelaksanaan pondasi dalam tiang bor dan tiang pancang.

4.4 Lokasi Proyek

Lokasi proyek yang diteliti berada di Sukajadi, Kec. Kragilan, Kabupaten Serang, Banten 42184. Letak lokasi proyek dapat dilihat pada Gambar 4.1 di bawah ini.



Gambar 4.1 Lokasi Pembangunan Jembatan Op 4 Sukajadi 2
(Sumber : *Google Maps*)

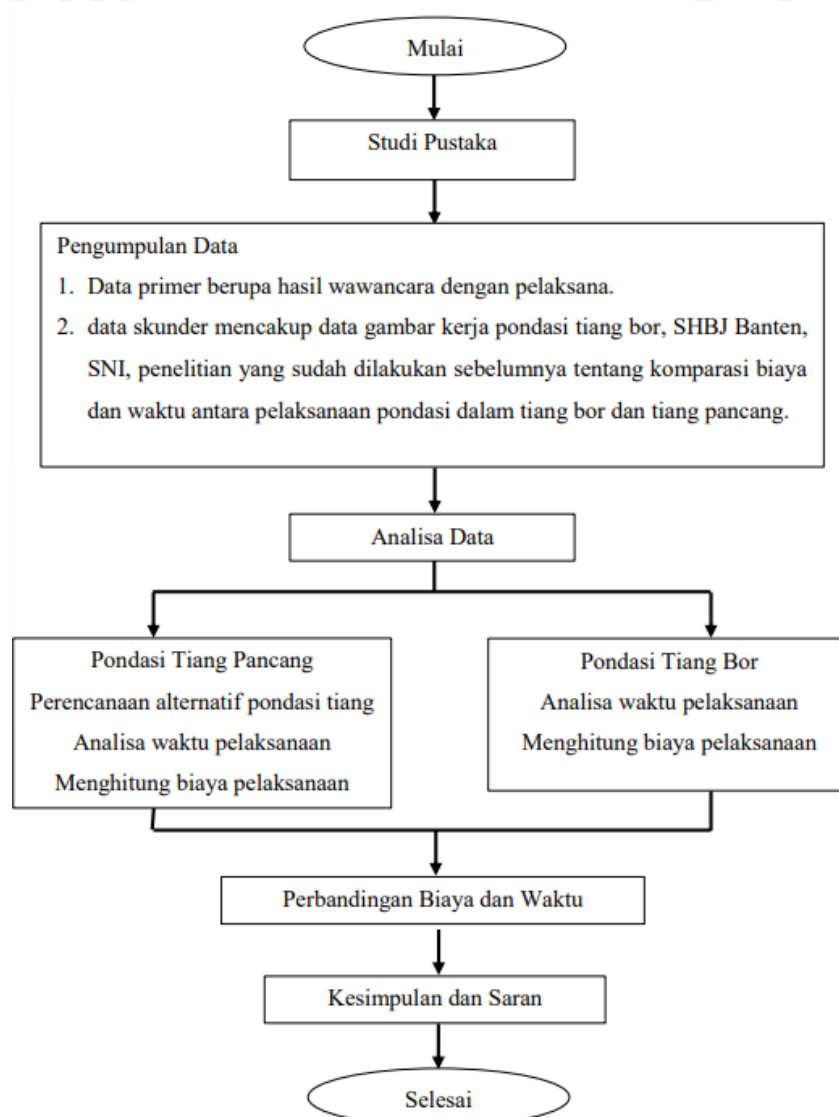
4.5 Tahapan Penelitian

Adapun tahapan penelitian yang penulis lakukan mencakup kegiatan berikut ini :

1. Studi literatur beberapa buku dan pustaka penelitian terdahulu.
2. Pengumpulan data rencana pondasi proyek.
3. Menghimpun peraturan pemerintah terkait penyusunan AHSP.
4. Perhitungan volume pekerjaan pondasi tiang bor.
5. Analisis biaya pelaksanaan pondasi tiang bor berdasarkan Permen PUPR Nomor 1 Tahun 2022.
6. Analisis waktu pelaksanaan pekerjaan pondasi tiang bor.
7. Analisa data parameter tanah guna mendapatkan kedalaman pondasi dengan daya dukung yang cukup.
8. Merencanakan alternatif pondasi tiang pancang.

9. Analisa biaya pelaksanaan pondasi tiang pancang berdasarkan Permen PUPR Nomor 1 Tahun 2022.
10. Analisis waktu pelaksanaan pekerjaan pondasi tiang pancang.
11. Membandingkan hasil analisa waktu pelaksanaan dan biaya yang dibutuhkan antara kedua jenis pondasi dalam.

Tahapan penelitian secara singkat dapat dilihat pada diagram alir Gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar 4.2 Diagram Alir Tahapan Penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umum

Penelitian ini dilakukan dengan menganalisa kebutuhan waktu dan biaya pelaksanaan pondasi dalam pada proyek jembatan *Over Pass* 4 Sukajadi 2. Proyek ini merupakan bagian dari pekerjaan pembangunan jalan toll ruas Serang-Panimbangan pada Sta 3+659. Pada perencanaan dan pelaksanaannya, pondasi pada jembatan ini menggunakan dua jenis pondasi dalam, yaitu pondasi tiang bor pada *abutment* dan tiang pancang untuk pondasi pilar. Dari perencanaan tersebut dicoba untuk dibandingkan jika pondasi pada *abutment* dilaksanakan dengan menggunakan pondasi tiang pancang.

Perbandingan akan dilakukan dengan menggunakan analisa biaya satuan pekerjaan berdasar Permen PUPR Nomor 1 Tahun 2022. Waktu yang dibandingkan dihitung berdasar volume pekerjaan yang berdasarkan produktivitas alat dan pekerja masing-masing alat dan pekerja jenis pekerjaan.

5.2 Analisis Data

Data primer pada penelitian ini didapat dari hasil wawancara dengan pelaksana yang terjun di lapangan. Sedangkan data skunder yang digunakan berupa data proyek dari pelaksana berupa hasil uji SPT, gambar kerja *abutment* dengan pondasi tiang bor, dan penawaran harga sub kontraktor pondasi juga studi literatur terkait dengan penelitian ini. Dari data yang dihimpun digunakan untuk menganalisis perbandingan biaya dan waktu pada pekerjaan pondasi *abutment* jika dilaksanakan dengan pondasi tiang bor dan jika dilaksanakan dengan pondasi tiang pancang. Sebagai acuan perhitungan AHSP harga barang dan jasa dari Peraturan Gubernur Banten Nomor 39 Tahun 2021 Tentang Standarisasi Harga Barang Dan Jasa Pemerintah Provinsi Banten Tahun 2022 dan hasil wawancara kontraktor dipilah sesuai kebutuhan analisis. Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.1 Harga Barang dan Jasa di bawah ini.

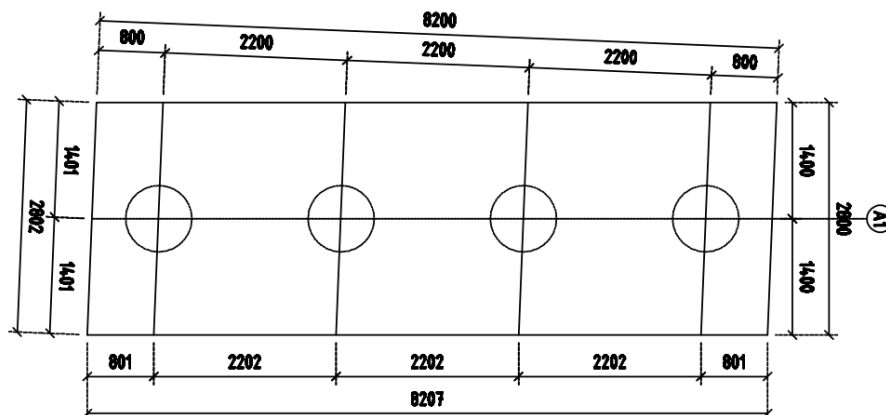
Tabel 5.1 Harga Barang dan Jasa

No	Uraian	Satuan	Harga	Sumber
1	besi beton ulir	kg	13.500	shbj
2	<i>crawler crane</i>	jam	929.700	shbj
3	<i>jack hammer</i>	hari	446.300	shbj
4	kawat beton	kg	20.700	shbj
5	kepala tukang	oh	178.200	shbj
6	mandor	oh	193.700	shbj
7	mobilisasi dan demobilisasi	ls	88.000.000	kontraktor
8	pekerja	oh	155.000	shbj
9	<i>pile driver + hammer</i>	jam	324.100	shbj
10	<i>ready mix K350</i>	m ³	1.355.900	shbj
11	tes PDA	ls	8.000.000	kontraktor
12	tiang pancang Ø 50	m	1.142.400	shbj
13	<i>borepile mechine</i>	jam	987.000	shbj
14	tukang	oh	170.500	shbj
15	<i>vibrator</i>	hari	351.300	shbj

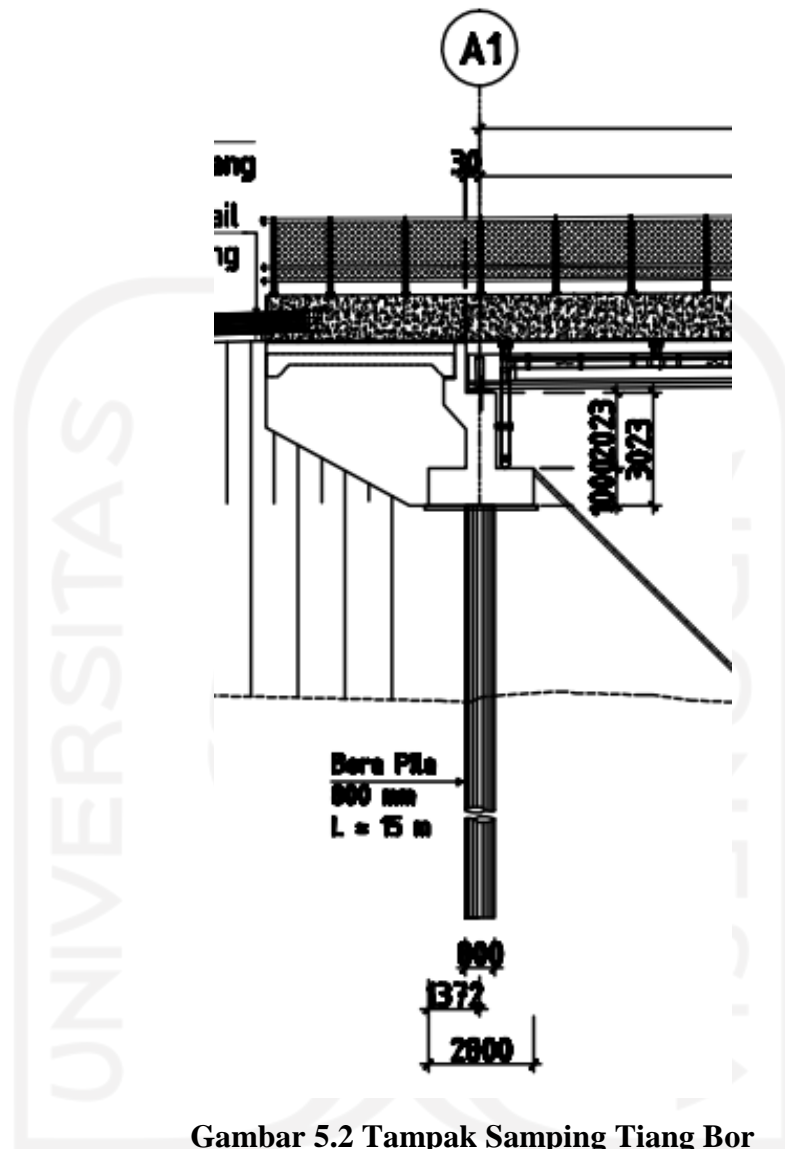
Sumber : Data Penelitian

5.2.1 Pekerjaan Pondasi Tiang Bor.

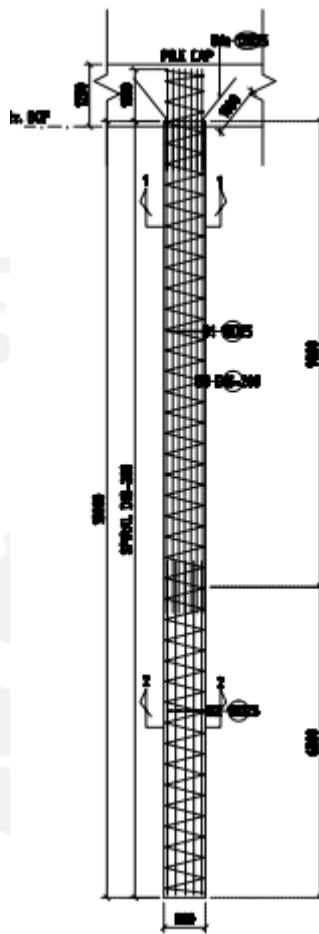
Pada perencanaannya pondasi tiang bor yang akan digunakan sebagai pondasi *abutment* jembatan memiliki diameter 80 cm dengan kedalaman 15 m. pondasi yang direncanakan berjumlah 4 buah pada *abutment* A1 dan 4 buah pada *abutment* A2. Gambar perencanaan pondasi tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 5.1 Denah Tiang Bor



Gambar 5.2 Tampak Samping Tiang Bor



Gambar 5.3 Penulangan Tiang Bor

Dari gambar tersebut yang menjadi acuan perhitungan volume dari tiang bor. Perhitungan volume mencakup volume bor, volume material beton dan pembesian. Perhitungan volume sebagai berikut :

1. Volume pengeboran.

Diameter tiang bor = 800 mm

Kedalaman tiang = 15 m

Titik pengeboran = 8 titik

Selimut beton = 100 mm

Luas lingkaran tiang = $\frac{1}{4} \pi \times d^2$

$$= \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 800^2$$

$$= 502.857,143 \text{ mm}^2$$

$$= 0,502857143 \text{ m}^2$$

Volume 1 pengeboran = luas lingkaran tiang x kedalaman tiang

$$= 0,502857143 \times 15$$

$$= 7,54285714 \text{ m}^3$$

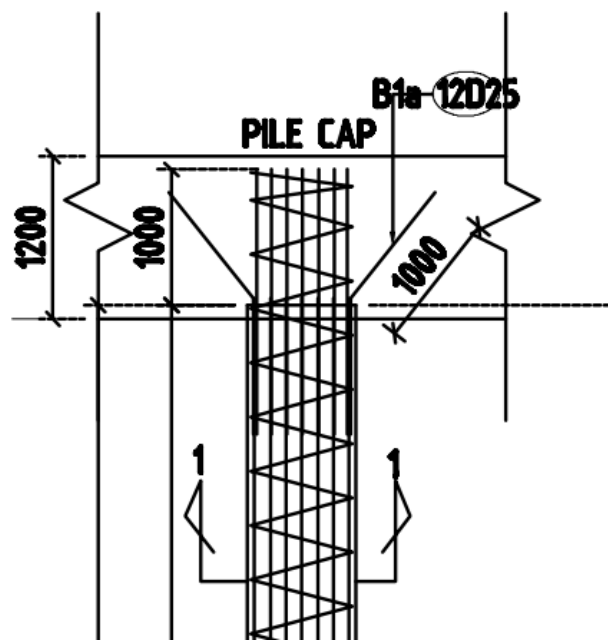
Volume total pengeboran = volume 1 pengeboran x jumlah titik pengeboran

$$= 7,54285714 \times 8$$

$$= 60,34285714 \text{ m}^3$$

2. Volume pembesian

Volume pembesian berdasarkan gambar kerja. Perhitungan volume pembesian sebagaimana berikut ini.



Gambar 5.4 Panjang Penyaluran Tiang Ke *Pile Cap*

$$\text{Panjang tulangan D25} = (9550 \times 12) + (6450 \times 10) + (2000 \times 12)$$

$$= 203.100 \text{ mm}$$

$$= 203,1 \text{ m}$$

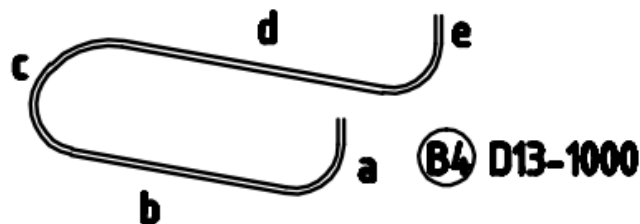
$$\begin{aligned}
 \text{Panjang sengkang spiral (D16-200)} &= \frac{\text{keliling sengkang} \times \text{tinggi tiang}}{\text{jarak sengkang}} \\
 &= \frac{(\frac{22}{7} \times (800-100 \times 2) \times (15000+1000))}{200} \\
 &= 150.857,1429 \text{ mm} \\
 &= 150,8571429 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Diameter pipa besi sonic logging D2"} = 50,8 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah pipa besi sonic logging} = 3 \text{ batang}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang pipa besi sonic logging} &= 16.900 \times 3 \\
 &= 50.700 \text{ mm} \\
 &= 50,7 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Pipa *sonic logging* menggunakan pengait dari besi D13 dengan jarak per-1.000 mm



Gambar 5.5 Pengait Pipa Sonic Logging

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tulangan D13-1.000} &= 16.900 : 1.000 \times 3 \\
 &= 50,7 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang tulangan D13} &= (1/2 \text{ keliling pipa } s.l. + (2 \times \text{diameter D25}) \\
 &\quad + \text{bengkakan } (2 \times 4 \text{ diameter D13}) \times \text{jumlah} \\
 &\quad \text{D13} \\
 &= (0,5 \times \frac{22}{7} \times 50,8 + 2 \times 25 + 2 \times 13) \times 50,7 \\
 &= 11.223,77143 \text{ mm} \\
 &= 11,224 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Volume dan berat baja tulangan beton dapat mengacu pada Tabel 5.2 di bawah ini.

Tabel 5.2 Ukuran Baja Tulangan Beton Ulir

No	Diameter nominal (d)	Luas penampang nominal (A)	Tinggi sirip (H)		Jarak sirip melintang (P) Maks	Lebar sirip membujur (T) Maks	Berat nominal per meter
			min	max			
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kg/m
1	13	133	0,7	1,3	9,1	10,2	1,042
2	16	201	0,8	1,6	11,2	12,6	1,578
3	25	491	1,3	2,5	17,5	19,7	3,853

Sumber : SNI 2052:2017

$$\begin{aligned}
 \text{Volume tulangan D25} &= \text{Luas penampang nominal} \times \text{panjang} \\
 &= 491 \times 203.100 \\
 &= 99.722.100 \text{ mm}^3 \\
 &= 0,0997221 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume tulangan D16} &= \text{Luas penampang nominal} \times \text{panjang} \\
 &= 201 \times 150.857,1429 \\
 &= 30.322.285,71 \text{ mm}^3 \\
 &= 0,030322286 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume tulangan D13} &= \text{Luas penampang nominal} \times \text{panjang} \\
 &= 133 \times 11.223,77143 \\
 &= 1.492.761,6 \text{ mm}^3 \\
 &= 0,001492762 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume pipa Sonic Logging} &= \text{Luas penampang nominal} \times \text{panjang} \\
 &= 0,25 \times \frac{22}{7} \times 50,8^2 \times 50.700 \\
 &= 102.801.637,7 \text{ mm}^3 \\
 &= 0,102801638 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume tulangan 1 tiang} &= V. D25 + V. D16 + V. D13 + V. s.l. \\
 &= 99.722.100 + 30.322.285,71 + 1.492.761,6 \\
 &\quad + 102.801.637,7 \\
 &= 234372438,1 \text{ mm}^3 \\
 &= 0,234372438 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Tulangan D25} &= \text{Panjang tulangan} \times \text{berat nominal per meter} \\
 &= 203,1 \times 3,853 \\
 &= 782,5443 \text{ kg} \\
 \text{Berat Tulangan D16} &= \text{Panjang tulangan} \times \text{berat nominal per meter} \\
 &= 150,8571429 \times 1,578 \\
 &= 238,0525714 \text{ kg} \\
 \text{Berat Tulangan D13} &= \text{Panjang tulangan} \times \text{berat nominal per meter} \\
 &= 11,224 \times 3,853 \\
 &= 11,69516983 \text{ kg} \\
 \text{Berat tulangan 1 tiang} &= \text{B. tul. D25} + \text{B. tul. D16} + \text{B. tul. D13} \\
 &= 782,5443 + 238,0525714 + 11,69516983 \\
 &= 1032,292041 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

3. Volume beton

Kedalaman tiang yang direncanakan adalah 15 m, dengan panjang penyaluran 1 meter di atas tiang. Pada proses pengecoran semua tulangan tertutupi oleh beton, sehingga volume beton aktual adalah sampai 1 meter di atas kepala tiang rencana.

$$\begin{aligned}
 \text{Volume tiang} &= 0,25 \times \pi \times d^2 \times t \\
 &= 0,25 \times \frac{22}{7} \times 0,8^2 \times 16 \\
 &= 8,045714286 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Volume tulangan 1 tiang} = 0,234372438 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume beton 1 tiang} &= \text{volume tiang} - \text{volume tulangan} \\
 &= 8,045714286 - 0,234372438 \\
 &= 7,811341848 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

4. Pekerjaan pembesian

Pekerjaan pabrikan tulangan dihitung menggunakan analisis harga satuan pekerjaan Permen PUPR Nomor 1 Tahun 2022. Perhitungan dilakukan pada satuan berat 10 kg. Harga yang digunakan berasal dari Peraturan Gubernur Banten Nomor 39 Tahun 2021 Tentang Standarisasi Harga Barang Dan Jasa Pemerintah Provinsi Banten Tahun 2022 dan hasil wawancara pelaksana serta

tawaran yang diberikan oleh subkon pondasi. AHSP pembesian dihitung tiap 100 kg berat besi.

Berat tulangan 1 tiang	= 1.032,292041 kg
Jumlah tiang	= 8
Berat total tulangan	= 1.032,292041 x 8
	= 8.258,33633 kg
Tenaga yang direncanakan	= 10 orang
Koefisien mandor	= 0,04 oh
Koefisien tukang	= 0,7 oh
Koefisien pekerja	= 0,7 oh
Koefisien kepala tukang	= 0,07 oh
Total koefisien	= 1,51 oh
Harga satuan mandor	= Rp 193.700,00/hari
Harga satuan tukang	= Rp 170.500,00/hari
Harga satuan pekerja	= Rp 155.000,00/hari
Harga satuan kepala tukang	= Rp 178.200,00/hari
Jumlah harga mandor	= koef. mandor x harga satuan mandor
	= 0,04 x 193.700
	= Rp 7.748,00
Jumlah harga tukang	= koef. tukang x harga satuan tukang
	= 0,7 x 170.500
	= Rp 119.350,00
Jumlah harga pekerja	= koef. pekerja x harga satuan pekerja
	= 0,7 x 155.000
	= Rp 108.500,00
Jumlah harga kepala tukang	= koef. ka. tukang x harga satuan ka. tukang
	= 0,07 x 178.200
	= Rp 12.474,00
Koefisien tulangan beton 10 kg	= 105 kg
Harga satuan tulangan beton	= Rp 13.500,00/kg
Jumlah harga tulangan beton	= koefisien tul. beton x harga satuan tul. beton

	= 105 x 13.500
	= Rp 1.417.500,00
Koefisien kawat beton	= 1,5 kg
Harga satuan kawat beton	= Rp 20.700,00/kg
Jumlah harga kawat beton	= koef. kawat beton x harga sat. kawat beton
	= 1,5 x 20.700
	= Rp 31.050,00
Jumlah harga	= harga tenaga + harga bahan
	= 7.748 + 119.350 + 108.500 + 12.474
	+ 1.417.500 + 31.050
	= Rp 1.696.622,00
Overhead dan profit (15%)	= 15% x 1.696.622
	= Rp 254.493,30
Harga satuan pekerjaan	= jumlah harga + harga overhead dan profit
	= 1.696.622 + 254.493,30
	= Rp 1.951.115,30

Perhitungan AHSP pembesian dapat dilihat pada Tabel 5.3 di bawah ini.

Tabel 5.3 AHSP Pembesian tiap 100 Kg Tulangan

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga satuan	Jumlah Harga
A	Tenaga				
	Mandor	oh	0.04	193.700	7.748
	Tukang	oh	0.7	170.500	119.350
	Pekerja	oh	0.7	155.000	108.500
	Kepala tukang	oh	0.07	178.200	12.474
	Jumlah Harga Tenaga				
B	Bahan				
	Tulangan Beton	kg	105	13.500	1.417.500
	kawat beton	kg	1.5	20.700	31.050
	Jumlah Harga Bahan				
C	Peralatan				
	Jumlah Harga Alat				
D	Jumlah Harga Tenaga, Bahan, dan Peralatan				1.696.622
E	Overhead 15%			15%	254.493,30
F	Harga Satuan Pekerjaan				1.951.115,30

Sumber : Analisi Data

Harga satuan pekerjaan = Rp 1.951.115,30

$$\begin{aligned}
 \text{Volume besi total} &= 8.258,33633 \text{ kg} \\
 \text{Harga pekerjaan pembesian} &= \text{volume pembesian} \times \text{harga sat. pembesian} \\
 &= \frac{8.258,33633}{100} \times 1.951.115,30 \\
 &= \text{Rp } 161.129.663,70
 \end{aligned}$$

Menurut Soeharto (1995), perencanaan waktu proyek dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$N = \frac{k \times V}{T} \quad (5.1)$$

dengan :

- N = Jumlah tenaga kerja
- k = Koefisien tenaga kerja
- V = Volume pekerjaan
- T = Waktu pekerjaan

Waktu pembesian dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu pembesian} &= \frac{k \times V}{N} \\
 &= \frac{1,51 \times 8.258,33633 / 100}{10} \\
 &= 12,47 \text{ hari} \\
 &\approx 13 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

5. Pekerjaan pengeboran

Pada pekerjaan pengeboran produktivitas pekerjaan didapatkan dari penelitian Yunita (2014). Produktivitas yang didapatkan Yunita (2014) dari pengamatan dilapangan menyatakan bahwa dalam satu jam pekerjaan, pengeboran dapat diselesaikan sebanyak $3,14 \text{ m}^3$. Produktivitas tersebut mencakup semua pekerjaan pengeboran dari *preboring* sampai dengan pengecoran beton.

a. Pengeboran

Mesin bor dikombinasikan dengan *crawler crane* Kobelco 7055. Dengan spesifikasi sebagai berikut :

Merek = Kobelco 7055

Power = 180 ps
 Kecepatan *swing* = 3,7 rpm
 Kecepatan jelajah = 1,1-1,6 km/h (reduksi 40% untuk tanjakan)
 Kecepatan angkat = 50 m/min

Pelaksanaan pengeboran dari penelitian Yunita (2014) memiliki produktivitas 3,14 m³/jam. Produktivitas tersebut belum termasuk perpindahan dari satu tiang ke tiang lain. Untuk memasukkan waktu perpindahan maka produktivitas yang ada dirinci kembali waktu siklus dan dikalikan faktor alat.

Produktivitas dari penelitian (Q') = 3,14 m³/jam
 Kapasitas alat (V) = Volume pengeboran 1 tiang
 = 7,5428571 m³
 Faktor efisiensi alat (Fa) = 0,75 (tabel 5.4)

Tabel 5.4 Faktor Efisiensi Alat

Kondisi operasi	pemeliharaan mesin				
	Baik sekali	Baik	Sedang	Buruk	Buruk sekali
Baik Sekali	0,83	0,81	0,76	0,70	0,63
Baik	0,78	0,75	0,71	0,65	0,60

Sumber : Permen PUPR Nomor 1 Tahun 2022

Waktu siklus dari penelitian (t1) = $\frac{V \times Fa \times 60}{Q'}$
 = $\frac{7,5428571 \times 0,75 \times 60}{3,14}$
 = 108,09827 menit
 Waktu pindah alat (t2) = 1,2184767 menit
 Mundur 4 m = jarak : kecepatan alat
 = 4 : 18,333
 = 0,218181818 menit
 Swing 90° = sudut swing : (kecepatan swing x 360°)
 = 90 : (3,7 x 360)
 = 0,067567568 menit

Perhitungan selanjutnya seperti pada Tabel 5.5 Urutan Pengeboran dan Waktu Perpindahan Alat.

Tabel 5.5 Urutan Pengeboran dan Waktu Perpindahan Alat

Urutan Pengeboran		
1. bor 2 lubang utara		
mundur 4 m	0,218181818	min
swing 90'	0,067567568	min
maju 4.4 m	0,24	min
swing 90'	0,067567568	min
maju 4 m	0,218181818	min
2. bor 2 lubang selatan		
crawling abutment A1	0,811498771	min
crawling abutment A2	0,811498771	min
pindah dari A1 ke A2	8,124815725	min
total waktu pindah	9,747813268	min
rata2 waktu pindah 1 tiang (t2)	1,218476658	min

Sumber : Analisis Data

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu lain-lain (t3)} &= 10 \text{ menit} \\
 \text{Waktu siklus (Ts)} &= t1 + t2 + t3 \\
 &= 10 + 30 + 10 \\
 &= 119,31675 \text{ menit} \\
 \text{Kapasitas Produksi (Q)} &= \frac{V \times Fa \times 60}{Ts} \\
 &= \frac{7,5428571 \times 0,75 \times 60}{119,31675} \\
 &= 2,8447689 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Koefisien alat} &= 1/Q \\
 &= 1/2,8447689 \\
 &= 0,3515224 \text{ alat jam} \\
 \text{Produktivitas dalam 1 hari (Qt)} &= tk \times Q \\
 &= 7 \times 2,8447689 \\
 &= 19,913382 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Tenaga yang direncanakan} &= 4 \text{ orang} \\
 \text{Mandor} &= 1 \text{ orang} \\
 \text{Tukang} &= 1 \text{ orang}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Pekerja} &= 3 \text{ orang} \\
 \text{Koefisien mandor} &= \frac{tk \times \text{jumlah mandor}}{Qt} \\
 &= \frac{7 \times 1}{19,913382} \\
 &= 0,3515224 \text{ orang jam} \\
 \text{Koefisien tukang} &= \frac{tk \times \text{jumlah tukang}}{Qt} \\
 &= \frac{7 \times 1}{19,913382} \\
 &= 0,3515224 \text{ orang jam} \\
 \text{Koefisien pekerja} &= \frac{tk \times \text{jumlah pekerja}}{Qt} \\
 &= \frac{7 \times 3}{19,913382} \\
 &= 1,0545672 \text{ orang jam}
 \end{aligned}$$

Pekerjaan penuangan adonan beton termasuk dalam rangkaian pengeboran sehingga perhitungannya menjadi satu dengan perhitungan pekerjaan pengeboran. Pekerjaan beton dilakukan dengan satuan m³ per jam. Sedangkan contoh pada Permen PUPR Nomor 1 Tahun 2022 menggunakan satuan m³ per hari. Penyesuain satuan dilakukan untuk koefisien yang ada dengan dibagi jam kerja dalam 1 hari yaitu 7 jam.

$$\begin{aligned}
 \text{Koefisien mandor} &= 0,04 \text{ oh} / 7 \text{ jam} \\
 &= 0,005714 \text{ orang jam} \\
 \text{Koefisien tukang} &= 0,1 \text{ oh} / 7 \text{ jam} \\
 &= 0,014286 \text{ orang jam} \\
 \text{Koefisien pekerja} &= 0,4 \text{ oh} / 7 \text{ jam} \\
 &= 0,057143 \text{ orang jam} \\
 \text{Koefisien kepala tukang} &= 0,01 \text{ oh} / 7 \text{ jam} \\
 &= 0,001429 \text{ orang jam}
 \end{aligned}$$

Penyesuain harga koefisien tenaga kerja ditambah koefisien dari pekerjaan beton.

$$\begin{aligned}
 \text{Koefisien mandor} &= 0,3515224 + 0,005714 \\
 &= 0,3572 \text{ orang jam} \\
 \text{Koefisien tukang} &= 0,3515224 + 0,014286
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 0,3658 \text{ orang jam} \\ \text{Koefisien pekerja} &= 1,0545672 + 0,057143 \\ &= 1,1117 \text{ orang jam} \end{aligned}$$

$$\text{Koefisien kepala tukang} = 0,001429 \text{ orang jam}$$

Perhitungan analisis harga satuan pekerjaan pengeboran sama dengan perhitungan pada pekerjaan pembesian dengan perhitungan volume 1 m^3 pada tiap jam.

$$\text{Jam kerja 1 hari} = 7 \text{ jam}$$

$$\text{Upah mandor/hari} = \text{Rp } 193.700,00 \text{ (Tabel 5.1)}$$

$$\text{Upah mandor/jam} = 193.700 : 7$$

$$= \text{Rp } 27.671,42$$

$$\text{Upah tukang/hari} = \text{Rp } 170.500,00 \text{ (Tabel 5.1)}$$

$$\text{Upah tukang/jam} = 170.500 : 7$$

$$= \text{Rp } 24.357,14$$

$$\text{Upah pekerja/hari} = \text{Rp } 155.000,00 \text{ (Tabel 5.1)}$$

$$\text{Upah pekerja/jam} = 155.000 : 7$$

$$= \text{Rp } 22.142,85$$

$$\text{Upah kepala tukang/hari} = \text{Rp } 178.200,00 \text{ (Tabel 5.1)}$$

$$\text{Upah kepala tukang/jam} = 178.200 : 7$$

$$= \text{Rp } 25.457,14$$

$$\text{Harga ready mix K350/m}^3 = \text{Rp } 1.355.900,00 \text{ (Tabel 5.1)}$$

$$\text{Harga sewa Bor Machine/jam} = \text{Rp } 987.000,00 \text{ (Tabel 5.1)}$$

Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.6 AHSP Pekerjaan Pengeboran tiap 1 M^3 di bawah ini.

Tabel 5.6 AHSP Pekerjaan Pengeboran tiap 1 M³

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga satuan	Jumlah Harga
A	Tenaga				
	Mandor	OJ	0,3572	27.671,43	9.885,24958
	Tukang	OJ	0,3658	24.357,14	8.910,04062
	Pekerja	OJ	1,1117	22.142,86	24.616,4373
	Kepala Tukang	OJ	0,0014	25.457,14	36,3673469
	Jumlah Harga Tenaga				
B	Bahan				
	<i>Ready mix</i> K350	m3	1,02	1.355.900	1.383.018
	Jumlah Harga Bahan				
C	Peralatan				
	<i>Bor Machine</i>	jam	0,3515	987.000	346.952,614
	Jumlah Harga Alat				
D	Jumlah Harga Tenaga, Bahan, dan Peralatan				1.773.418,71
E	<i>Overhead</i> 15%			15%	266.012,806
F	Harga Satuan Pekerjaan				2.039.431,52

Sumber : Analisis Data

Dari hasil analisi didapatkan data sebagai berikut.

Harga satuan pekerjaan = Rp 2.039.431,52

Volume pengeboran = 64,36571 m³

Harga pekerjaan pengeboran = harga satuan x volume pengeboran

= 2.039.431,52 x 64,36571

= Rp 131.269.466,20

Waktu pekerjaan dihitung dengan persamaan (5.2) di bawah ini.

$$Q = \frac{V}{T} \quad (5.2)$$

dengan :

Q = Kapasitas produksi

V = Volume pekerjaan

T = Waktu proyek

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu pekerjaan pengeboran} &= \frac{V}{Q} \\
 &= \frac{64,36571}{19,913382} \\
 &= 3,2323 \text{ hari} \\
 &\approx 4 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

b. *Crawler crane*

Perhitungan pada pekerjaan pengeboran dilakukan dengan satuan volume per 1 m³ dalam 1 jam. *Crane* berperan bongkar muat material dari *trailer*, dan membantu pekerjaan mesin bor.

$$\text{Kapasitas crane (V)} = 7,5428571 \text{ m}^3 \text{ (volume pengeboran)}$$

$$\text{Jam kerja 1 hari (tk)} = 7 \text{ jam}$$

$$\text{Faktor efisiensi alat (Fa)} = 0,75 \text{ (Tabel 5.2)}$$

$$\text{Waktu muat (t1)} = 10 \text{ menit}$$

$$\text{Waktu service mesin bor (t2)} = 119,3167 \text{ menit}$$

$$\text{Waktu lain-lain (t3)} = 10 \text{ menit}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu siklus (Ts)} &= t1 + t2 + t3 \\
 &= 10 + 119,3167 + 10 \\
 &= 139,3167 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas Produksi (Q)} &= \frac{V \times Fa \times 60}{Ts} \\
 &= \frac{7,5428571 \times 0,75 \times 60}{139,3167}
 \end{aligned}$$

$$= 2,43638 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Koefisien alat} &= 1/Q \\
 &= 1/2,43638 \\
 &= 0,410445 \text{ alat jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas dalam 1 hari (Qt)} &= tk \times Q \\
 &= 7 \times 2,43638 \\
 &= 17,05466 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

$$\text{Tenaga yang direncanakan} = 4 \text{ orang}$$

$$\text{Mandor} = 1 \text{ orang}$$

$$\text{Tukang} = 1 \text{ orang}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Pekerja} &= 3 \text{ orang} \\
 \text{Koefisien mandor} &= \frac{tk \times \text{jumlah mandor}}{Qt} \\
 &= \frac{7 \times 1}{17,05466} \\
 &= 0,410445 \text{ orang jam} \\
 \text{Koefisien tukang} &= \frac{tk \times \text{jumlah tukang}}{Qt} \\
 &= \frac{7 \times 1}{17,05466} \\
 &= 0,410445 \text{ orang jam} \\
 \text{Koefisien pekerja} &= \frac{tk \times \text{jumlah pekerja}}{Qt} \\
 &= \frac{7 \times 3}{17,05466} \\
 &= 1,231335 \text{ orang jam}
 \end{aligned}$$

Perhitungan analisis harga satuan pekerjaan *crane* seperti perhitungan pada pekerjaan pembesian dengan perhitungan volume 1 m³ pada tiap jam.

$$\begin{aligned}
 \text{Jam kerja 1 hari} &= 7 \text{ jam} \\
 \text{Upah mandor/hari} &= \text{Rp } 193.700,00 \text{ (Tabel 5.1)} \\
 \text{Upah mandor/jam} &= 193.700 : 7 \\
 &= \text{Rp } 27.671,42 \\
 \text{Upah tukang/hari} &= \text{Rp } 170.500,00 \text{ (Tabel 5.1)} \\
 \text{Upah tukang/jam} &= 170.500 : 7 \\
 &= \text{Rp } 24.357,14 \\
 \text{Upah pekerja/hari} &= \text{Rp } 155.000,00 \text{ (Tabel 5.1)} \\
 \text{Upah pekerja/jam} &= 155.000 : 7 \\
 &= \text{Rp } 22.142,85 \\
 \text{Harga sewa Crane/jam} &= \text{Rp } 929.700,00 \text{ (Tabel 5.1)}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.7 AHSP *Crawler Crane* tiap 1 M³ di bawah ini.

Tabel 5.7 AHSP *Crawler Crane* tiap 1 M³

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga satuan	Jumlah Harga
A	Tenaga				
	Mandor	OJ	0,410445	27.671,4286	11.357,59851
	Tukang	OJ	0,410445	24.357,1429	9.997,266626
	Pekerja	OJ	1,2313349	22.142,8571	27.265,27262
	Jumlah Harga Tenaga				
B	Bahan				
	Jumlah Harga Bahan				
C	Peralatan				
	crane (di lapangan)	jam	0,410445	324.100	133.025,2129
	Jumlah Harga Alat				
D	Jumlah Harga Tenaga, Bahan, dan Peralatan				181.645,3506
E	Overhead 15%			15%	27.246,80259
F	Harga Satuan Pekerjaan				208.892,1532

Sumber : Analisis Data

Dari hasil analisis didapatkan data sebagai berikut.

Harga satuan pekerjaan = Rp 208.892,15

Volume pengeboran = 64,36571 m³

Harga pekerjaan oleh *crane* = harga satuan x volume pengeboran

$$= 208.892,15 \times 64,36571$$

$$= \text{Rp } 13.445.492,65$$

Waktu kerja *crawler crane* dapat dihitung sebagai berikut.

$$\text{Waktu kerja crane} = \frac{V}{Q}$$

$$= \frac{7,5428571 \times 8}{2,43638 \times 7}$$

$$= 3,774083 \text{ hari}$$

$$\approx 4 \text{ hari}$$

6. Pekerjaan pemadatan beton

Pekerjaan pemadatan beton dilakukan dengan antuan alat *vibrator*. Perhitungan analisis harga satuan pekerjaan dilakukan dengan satuan m³ per hari. Cara perhitungan sebagaimana perhitungan AHSP untuk pembesian. Parameter penting adalah volume acuan perhitungan pekerjaan pemadatan adalah volume

beton sebesar 58,58506 m³. Besaran koefisien mengacu pada Permen PUPR Nomor 1 Tahun 2022.

Upah mandor/hari = Rp 193.700,00 (Tabel 5.1)

Upah pekerja/hari = Rp 155.000,00 (Tabel 5.1)

Harga sewa vibrator/hari = Rp 351.300,00 (Tabel 5.1)

Data analisis dapat dilihat pada Tabel 5.8 AHSP Pemadatan Beton tiap 1 M³ di bawah ini.

Tabel 5.8 AHSP Pemadatan Beton tiap 1 M³

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga satuan	Jumlah Harga
A	Tenaga				
	Mandor	oh	0,008	193.700	1.549,6
	Pekerja	oh	0,08	155.000	12.400
	Jumlah Harga Tenaga				
B	Bahan				
	Jumlah Harga Bahan				
C	Peralatan				
	vibrator	hari	0,08	351.300	28.104
	Jumlah Harga Alat				
D	Jumlah Harga Tenaga, Bahan, dan Peralatan				42.053,6
E	Overhead 15%			15%	6.308,04
F	Harga Satuan Pekerjaan				48.361,64

Sumber : Analisis Data

Hasil analisis menunjukkan besarnya harga satuan pekerjaan. Harga pekerjaan didapatkan dengan perkalian antara volume pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan. Dari koefisien yang ada dapat diperkirakan waktu yang diperlukan untuk pekerjaan ini.

Harga satuan pekerjaan = Rp 48.361,64

Volume beton = 58,58506 m³

Harga pekerjaan pemadatan beton = 48.361,64 x 58,58506

= Rp 2.833.269,768

Waktu pemadatan dapat dihitung sebagai berikut.

Jumlah Koefisien = 0,088

$$\begin{aligned}
 \text{Tenaga yang direncanakan} &= 5 \text{ orang} \\
 \text{Waktu pemadatan} &= \frac{k \times V}{N} \\
 &= \frac{0,088 \times 58,58506}{5} \\
 &= 1,0311 \text{ hari} \\
 &\approx 2 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Pekerjaan pemadatan dilakukan bersamaan dengan pekerjaan beton dan pengeboran yang memiliki durasi 2 hari.

7. Pekerjaan galian manual

Pondasi tiang bor yang sudah dicor dengan total panjang 16 m kemudian akan dibobok bagian atasnya sepanjang 1 m untuk mendapatkan tulangan penyaluran ke struktur *abutment*. Untuk dapat membobok sepanjang 1 m maka harus dilakukan penggalian seluas *abutment* yaitu $8,2 \times 2,8 \text{ m}^2$ sedalam 1 m. Berikut adalah perhitungannya. Besaran koefisien mengacu pada Permen PUPR Nomor 1 Tahun 2022.

Upah mandor/hari = Rp 193.700,00 (Tabel 5.1)

Upah pekerja/hari = Rp 155.000,00 (Tabel 5.1)

Data analisis dapat dilihat pada Tabel 5.9 AHSP Galian Manual Kedalaman \leq 1M di bawah ini.

Tabel 5.9 AHSP Galian Manual Kedalaman \leq 1m tiap 1 M³

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga satuan	Jumlah Harga
A	Tenaga				
	Mandor	OH	0,025	193.700	4.842,5
	Pekerja	OH	0,75	155.000	116.250
	Jumlah Harga Tenaga				
B	Bahan				
	Jumlah Harga Bahan				
C	Peralatan				
	Jumlah Harga Alat				
D	Jumlah Harga Tenaga, Bahan, dan Peralatan				121.093
E	Overhead 15%			15%	18.163,9
F	Harga Satuan Pekerjaan				139.256

Sumber : Analisis Data

Hasil analisis menunjukkan besarnya harga satuan pekerjaan. Harga pekerjaan didapatkan dengan perkalian antara volume pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan. Dari koefisien yang ada dapat diperkirakan waktu yang diperlukan untuk pekerjaan ini.

Harga satuan pekerjaan	= Rp 139.256,90
Panjang <i>abutment</i>	= 8,2 m
Lebar <i>abutment</i>	= 2,8 m
Kedalaman <i>abutment</i>	= 1 m
Jumlah <i>abutment</i>	= 2 buah
Harga pekerjaan galian manual	= 139.256,90 x 8,2 x 2,8 x 1 x 2 = Rp 6.394.652,74
Waktu pemadatan dapat dihitung sebagai berikut.	
Jumlah Koefisien	= 0,775
Tenaga yang direncanakan	= 6 orang
Waktu penggalian	= $\frac{k \times V}{N}$ = $\frac{0,775 \times 45,92}{6}$ = 5,9313 hari \approx 6 hari

8. Tes PDA

Pondasi tiang bor yang sudah selesai dikerjakan dan sebelum dibangun konstruksi di atasnya perlu dilakukan pengujian daya dukung. Banyak jenis tes yang dapat dilakukan, salah satunya adalah tes PDA. Biasanya pondasi tiang yang diuji adalah 1% dari total jumlah tiang. Pada pekerjaan *abutment* ini diasumsikan PDA dilakukan pada 2 buah tiang, 1 pondasi tiang pada *abutment* 1 dan 1 buah tiang pada *abutment* 2. Waktu yang diperlukan untuk melakukan tes PDA cukup singkat, dan untuk pengetesan 2 buah pondasi tiang dapat diasumsikan dilaksanakan selama 1 hari. Namun untuk jenis pondasi tiang bor harus menunggu umur beton matang selama 28 hari, namun pada praktiknya beton usia 14 hari sudah diuji daya dukungnya.

Biaya tes PDA	= Rp 8.000.000,00
---------------	-------------------

Waktu tunggu usia beton = 14 hari

Waktu pelaksanaan = 1 hari

9. Pekerjaan bobok beton

Pekerjaan bobok beton dilakukan dengan bantuan *jack hammer*. Perhitungan analisis harga satuan pekerjaan dilakukan dengan satuan m³ per hari. Cara perhitungan sebagaimana perhitungan AHSP untuk pembesian. Parameter penting adalah volume acuan perhitungan pekerjaan bobok beton adalah volume beton sebesar 4,022857 m³. Besarnya volume ini diambil dari masing-masing tiang bor setinggi 1 meter dari kepala tiang rencana. Tujuan pembobokan adalah untuk mendapatkan tulangan penyaluran ke struktur di atasnya. Besaran koefisien mengacu pada Permen PUPR Nomor 1 Tahun 2022.

Upah mandor/hari = Rp 193.700,00 (Tabel 5.1)

Upah pekerja/hari = Rp 155.000,00 (Tabel 5.1)

Harga sewa *jack hammer*/hari = Rp 446.300,00 (Tabel 5.1)

Data analisis dapat dilihat pada Tabel 5.10 AHSP Bobok Beton dengan *Jack Hammer* tiap 1 M³ di bawah ini.

Tabel 5.10 AHSP Bobok Beton dengan *Jack Hammer* tiap 1 M³

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga satuan	Jumlah Harga
A	Tenaga				
	Mandor	OH	0,02	193.700	3.874
	Pekerja	OH	0,2	155.000	31.000
	Jumlah Harga Tenaga				
B	Bahan				
	Jumlah Harga Bahan				
C	Peralatan				
	<i>Jack Hammer</i>	bh	0,05	446.300	22.315
	Jumlah Harga Alat				
D	Jumlah Harga Tenaga, Bahan, dan Peralatan				57.189
E	Overhead 15%			15%	8.578,35
F	Harga Satuan Pekerjaan				65.767,4

Sumber : Analisis Data

Hasil analisis menunjukkan besarnya harga satuan pekerjaan. Harga pekerjaan didapatkan dengan perkalian antara volume pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan. Dari koefisien yang ada dapat diperkirakan waktu yang diperlukan untuk pekerjaan ini.

$$\text{Harga satuan pekerjaan} = \text{Rp } 65.767,40$$

$$\text{Volume tiang bor setinggi 1 m} = 0,502857 \text{ m}^3$$

$$\text{Jumlah tiang bor} = 8 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume 8 tiang bor setinggi 1m} &= 0,502857 \times 8 \\ &= 4,022857 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga pekerjaan pemadatan beton} &= 65.767,40 \times 4,022857 \\ &= \text{Rp } 264.572,65 \end{aligned}$$

Waktu pemadatan dapat dihitung sebagai berikut.

$$\text{Jumlah Koefisien} = 0,22$$

$$\text{Tenaga yang direncanakan} = 2 \text{ orang}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu pembobokan} &= \frac{k \times V}{N} \\ &= \frac{0,22 \times 4,022857}{2} \\ &= 0,44241 \text{ hari} \\ &\approx 1 \text{ hari} \end{aligned}$$

10. Rekapitulasi analisis harga satuan pekerjaan dan waktu

Analisis yang dilakukan menunjukkan hasil perkiraan harga dan waktu dalam pelaksanaan pekerjaan pondasi dalam tiang bor. Biaya ditambah dengan biaya mobilisasi dan demobilisasi peralatan dan material sebesar Rp 88.000.000,00. Jumlah biaya untuk pelaksanaan pondasi tiang bor sebesar Rp 411.337.117,70. Rekapitulasi biaya tiang bor dapat dilihat pada Tabel 5.11 Rekapitulasi Biaya Tiang Bor.

diolah untuk mendapatkan jumlah tiang pancang yang ideal pada setiap *abutment* jembatan. Parameter yang direncanakan sama dengan pondasi tiang bor adalah kedalaman pondasi. Karena pada kedalaman ini dinilai efektif oleh perencana dalam memberikan daya dukung. Pengujian SPT dilakukan pada tanah asli, sedangkan pondasi tiang terpancang mulai dari tanah timbunan 5 meter di atas permukaan tanah asli sampai dengan 10 meter dibawah permukaan tanah asli. Hal ini menyebabkan tidak adanya data parameter tanah timbunan, sehingga perencanaan daya dukung pondasi yang dilakukan hanya dapat mempertimbangkan 10 meter tiang yang terpancang pada tanah asli. Perhitungan kebutuhan tiang pancang sebagai berikut.

- a. Pondasi tiang pancang dengan diameter 800 mm dan panjang 15 m dengan 5 meter tertanam pada tanah timbunan dan 10 meter tertanam pada tanah asli. konfigurasi 1 baris terdiri dari 4 buah pondasi tiang pancang. Alternatif ini sama dengan perencanaan pondasi tiang bor. Metode yang digunakan untuk menghitung daya dukung pondasi tiang pancang adalah metode Mayerhof (1976). Data penyelidikan tanah di lapangan mendapatkan nilai N_{SPT} . Nilai N_{SPT} lapangan perlu dikoreksi dengan persamaan (5.3) di bawah ini.

$$N_{SPT}' = N_{SPT} + \frac{1}{2} \times (N_{SPT} - 15) \quad (5.3)$$

dengan :

$$N_{SPT} = N_{SPT} \text{ lapangan}$$

$$N_{SPT}' = N_{SPT} \text{ terkoreksi}$$

Perhitungan N_{SPT} koreksi sebagaimana di bawah ini dan rekapitulasi perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.12 Nilai N_{SPT} Terkoreksi. Nilai N_{SPT} terkoreksi ≤ 40 .

$$N_{SPT}' (\text{elv. } -10) = 60 + \frac{1}{2} \times (60-15) = 82,5$$

$$N_{SPT}' \text{ dipakai} = 40$$

Tabel 5.12 Nilai N_{SPT} Terkoreksi

No	D (kedalaman)	N Spt	N koreksi
1	2	31	39
2	4	60	40
3	6	60	40
4	8	60	40
5	10	60	40
6	12	45	40
7	14	41	40
8	16	31	39
9	18	29	36
10	20	27	33
11	22	28	35
12	24	29	36
13	26	28	35
14	28	30	38
15	30	33	40
16	32	47	40
17	34	51	40

Sumber : Analisis Data

Diameter tiang pancang (d) = 800 mm

Luas lingkaran tiang (A_b) = $\frac{1}{4} \times 22/7 \times 0,8^2$
= 0,502857143 m²

Keliling lingkaran tiang = $22/7 \times 0,8$
= 2,514285714 m

Kedalaman tiang (L) = 10 m (tertanam pada tanah asli)

Luas selimut tiang (A_s) = Keliling lingkaran tiang x kedalaman tiang
= 2,514285714 x 10
= 25,14285714 m²

Rasio L/d = 10/0,8
= 12,5

Tahanan ujung satuan tiang (f_b) dapat dihitung dengan persamaan (5.4) berikut ini.

$$f_b = 0,4 \cdot N_{60}' \cdot (L/d) \cdot \sigma_r \leq 3 \cdot N_{60}' \cdot \sigma_r \quad (5.4)$$

dengan :

f_b = tahanan ujung satuan tiang (KN/m²)

N_{60}' = N rata-rata 1d di atas tiang sampai 2d di bawah tiang

σ_r = tegangan referensi (100 kN/m²)

Adapun perhitungannya sebagai berikut.

$$\begin{aligned} f_b &= 0,4 \times \frac{40+40}{2} \times 12,5 \times 100 \leq 3 \times \frac{40+40}{2} \times 100 \\ &= 20.000 \text{ kN/m}^2 > 12.000 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$f_b \text{ pakai} = 12.000 \text{ kN/m}^2$$

Daya dukung ujung tiang (Q_b) dihitung dengan persamaan (5.5) berikut ini.

$$Q_b = A_b \times f_b \quad (5.5)$$

dengan :

Q_b = daya dukung ujung (kN)

f_b = tahanan ujung satuan tiang (kN/m²)

A_b = luas ujung tiang (m²)

Adapun perhitungannya sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Q_b &= A_b \times f_b \\ &= 0,502857143 \times 12.000 \\ &= 6.034,3 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tahanan gesek satuan tiang (f_s) dapat dihitung dengan persamaan (5.6) berikut ini.

$$f_s = 1/50 \times N_{60} \times \sigma_r \quad (5.6)$$

dengan :

f_s = tahanan gesek satuan tiang (kN/m²)

N_{60} = N_{SPT} rata-rata sepanjang tiang

σ_r = tegangan referensi (100 kN/m²)

Adapun perhitungannya sebagai berikut.

$$\begin{aligned} f_s &= 1/50 \times \frac{39+40+40+40+40}{9} \times 100 \\ &= 79,6 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Daya dukung gesek tiang (Q_s) dihitung dengan persamaan (5.7) berikut ini.

$$Q_s = A_a \times f_s \quad (5.7)$$

dengan :

Q_s = daya dukung gesek (kN)

f_s = tahanan gesek satuan tiang (kN/m²)

A_s = luas selimut tiang (m²)

Adapun perhitungannya sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Q_s &= A_s \times f_s \\ &= 25,14285714 \times 79,6 \\ &= 2.001,371429 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_p &= \text{panjang tiang} \times \text{berat tiang per meter panjang (katalog Wika Beton)} \\ &= 15 \times (641/1000) \times 9,8 \\ &= 94,227 \text{ kN} \end{aligned}$$

Daya dukung ultimit tiang (Q_u) dihitung dengan persamaan (5.8) berikut ini.

$$Q_u = Q_b + Q_s - W_p \quad (5.8)$$

dengan :

Q_u = daya dukung ultimit

Q_b = daya dukung ujung

Q_s = daya dukung gesek

W_p = berat tiang

Adapun perhitungannya sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_b + Q_s - W_p \\ &= 6.034,3 + 2.001,371429 - 94,227 \\ &= 7.941,430143 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_a &= Q_u/SF \\ &= 7.941,430143/3 \\ &= 2.647,143381 \text{ kN} \end{aligned}$$

Direncanakan jumlah tiang pancang 4 buah di setiap *abutment*, yang disusun dalam 1 baris. Efisiensi kelompok tiang dapat dihitung dengan persamaan (5.9) berikut ini.

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n'-1)m + (m-1)n'}{90mn'} \quad (5.9)$$

dengan :

E_g = efisiensi kelompok tiang

n' = jumlah tiang dalam satu baris

m = jumlah baris tiang

θ = arc tg d/s', dalam derajat

Adapun perhitungannya sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \theta &= \text{arc tg } 0,8/2,4 \\ &= 18,43495^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_g &= 1 - 18,43495 \frac{(4-1)1 + (1-1)4}{90 \times 1 \times 4} \\ &= 0,846375 \end{aligned}$$

Nilai efisiensi kelompok tiang selanjutnya dapat digunakan untuk menghitung daya dukung kelompok tiang dengan menggunakan persamaan (5.10) berikut ini.

$$E_g = \frac{Q_g}{nQ_u} \quad (5.10)$$

dengan :

E_g = efisiensi kelompok tiang

n = jumlah tiang dalam kelompok

Q_g = daya dukung kelompok (kN)

Q_u = daya dukung ultimit satu tiang (kN)

Adapun perhitungannya sebagai berikut.

$$P = 4.999,809 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} Q_g &= E_g \times n \times Q_u \\ &= 0,846375 \times 4 \times 7.941,430143 \\ &= 26.885,73 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{g \text{ all}} &= Q_g / SF \\ &= 26.885,73 / 3 \\ &= 8.961,908 \text{ kN} > 4.999,809 \text{ kN (OK)} \end{aligned}$$

Terzaghi dan Peck (1948), berasumsi pelat penutup tiang sangat kaku sehingga tanah yang berada di dalam kelompok tiang bersifat seperti blok padat. Dari asumsi tersebut daya dukung kelompok tiang dapat dihitung dengan persamaan (5.11) di bawah ini.

$$Q_g = 2.D.(B+L).c + 1,3.cb.N_c.B.L \quad (5.11)$$

dengan :

- Q_g = daya dukung kelompok (kN)
- D = kedalaman tiang (m)
- B = lebar kelompok tiang (m)
- L = panjang kelompok tiang (m)
- c = kohesi tanah disekeliling kelompok tiang (kN/m^2)
- cb = kohesi tanah di bawah dasar kelompok tiang (kN/m^2)
- N_c = faktor kapasitas dukung (nilai diambil 9)

Adapun perhitungannya sebagai berikut.

$$cb \text{ dan } c = 37,5 \text{ kN/m}^2$$

$$N_c = 9$$

$$B = 2,8 \text{ m}$$

$$L = 8,2 \text{ m}$$

$$Q_g = 2 \times 10 (2,8 + 8,2) \times 37,5 + 1,3 \times 37,5 \times 9 \times 2,8 \times 8,2$$

$$= 18.323,7 \text{ kN}$$

$$Q_{g \text{ all}} = Q_g / SF$$

$$= 18.323,7 / 3$$

$$= 6.107,9 \text{ kN} > 4.999,809 \text{ kN (OK)}$$

Hasil perhitungan menunjukkan daya dukung ijin kelompok tiang dari persamaan yang disarankan Terzaghi dan Peck (1948) sebesar 6.107,9 kN mampu menahan beban kerja dari *abutment* di atasnya sebesar 4.999,809 kN. Nilai daya dukung ijin kelompok tiang ini dipilih karena merupakan nilai terkecil jika dibandingkan dengan daya dukung ijin kelompok tiang

berdasarkan persamaan efisiensi kelompok tiang (E_g). Meskipun daya dukungnya mencukupi, untuk tiang pancang dengan diameter 0,8 m termasuk diameter yang cukup besar dan memiliki kesulitan dalam mencari penyedia tiang pancang, mobilisasi hingga pemancangan di lapangan, sehingga perlu adanya alternatif tiang pancang dengan diameter yang lebih kecil.

- b. Alternatif tiang pancang dengan diameter 0,6 m direncanakan dengan 2 baris dan masing-masing baris memiliki 5 buah tiang. Mengingat diameter yang lebih kecil berpotensi memiliki ketahanan terhadap momen yang lebih kecil sehingga direncanakan dengan 2 baris. Jumlah tiang masing-masing baris direncanakan 5 buah untuk mencapai jarak antar tiang yang seimbang antara arah melintang dan memanjang.

$$B = 2,8 \text{ m}$$

$$L = 8,2 \text{ m}$$

$$n' = 5$$

$$m = 2$$

$$s' \text{ melintang} = \frac{2,8 - (2 \times 0,5)}{2 - 1}$$

$$= 1,8 \text{ m}$$

$$s' \text{ melintang} = \frac{8,2 - (2 \times 0,5)}{5 - 1}$$

$$= 1,8 \text{ m}$$

$$s' \text{ pakai} = 1,8 \text{ m}$$

$$\text{Diameter tiang (d)} = 600 \text{ mm}$$

$$= 0,6 \text{ m}$$

$$\text{Luas lingkaran tiang (Ab)} = \frac{1}{4} \times 22/7 \times 0,6^2$$

$$= 0,282857143 \text{ m}^2$$

$$\text{Keliling lingkaran tiang} = 22/7 \times 0,6$$

$$= 1,885714286 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman tiang (L)} = 10 \text{ m (tertanam pada tanah asli)}$$

$$\text{Luas selimut tiang (As)} = \text{Keliling lingkaran tiang} \times \text{kedalaman tiang}$$

$$= 1,885714286 \times 10$$

$$= 18,85714286 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rasio } L/d &= 10/0,6 = 16,67 \\
 f_b &= 0,4 \times \frac{40+40}{2} \times 16,67 \times 100 \leq 3 \times \frac{40+40}{2} \times 100 \\
 &= 26.666,667 \text{ kN/m}^2 > 12.000 \text{ kN/m}^2 \\
 f_b \text{ pakai} &= 12.000 \text{ kN/m}^2 \\
 Q_b &= A_b \times f_b \\
 &= 0,282857143 \times 12.000 \\
 &= 3394,3 \text{ kN} \\
 f_s &= 1/50 \times \frac{39+40+40+40+40}{95} \times 100 \\
 &= 79,6 \text{ kN/m}^2 \\
 Q_s &= A_s \times f_s \\
 &= 18,85714286 \times 79,6 \\
 &= 1.501,028571 \text{ kN} \\
 W_p &= 15 \times (393/1000) \times 9,8 \\
 &= 57,771 \text{ kN} \\
 Q_u &= Q_b + Q_s - W_p \\
 &= 3.394,3 + 1.501,028571 - 57,771 \\
 &= 4.837,543286 \text{ kN} \\
 Q_a &= Q_u/SF \\
 &= 4.837,543286 / 3 \\
 &= 1612,514429 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Perhitungan daya dukung kelompok tiang berdasar persamaan efisiensi kelompok tiang.

$$\begin{aligned}
 \theta &= \text{arc tg } 0,6/1,8 \\
 &= 18,43495^\circ \\
 E_g &= 1 - 18,43495 \frac{(5-1)2+(2-1)5}{90 \times 2 \times 5} \\
 &= 0,733717 \\
 P &= 4.999,809 \text{ kN} \\
 Q_g &= E_g \times n \times Q_u \\
 &= 0,733717 \times 10 \times 4.837,543286 \\
 &= 35.493,9 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{g \text{ all}} &= Q_g / SF \\
 &= 35.493,9 / 3 \\
 &= 11.831,3 \text{ kN} > 4.999,809 \text{ kN (OK)}
 \end{aligned}$$

Perhitungan daya dukung kelompok tiang Terzaghi dan Peck (1948).

$$c_b \text{ dan } c = 37,5 \text{ kN/m}^2$$

$$N_c = 9$$

$$B = 2,8 \text{ m}$$

$$L = 8,2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 Q_g &= 2 \times 10 (2,8 + 8,2) \times 37,5 + 1,3 \times 37,5 \times 9 \times 2,8 \times 8,2 \\
 &= 18.323,7 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{g \text{ all}} &= Q_g / SF \\
 &= 18.323,7 / 3 \\
 &= 6.107,9 \text{ kN} > 4.999,809 \text{ kN (OK)}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan menunjukkan daya dukung ijin kelompok tiang dari persamaan yang disarankan Terzaghi dan Peck (1948) sebesar 6.107,9 kN mampu menahan beban kerja dari *abutment* di atasnya sebesar 4.999,809 kN. Nilai daya dukung ijin kelompok tiang ini dipilih karena merupakan nilai terkecil jika dibandingkan dengan daya dukung ijin kelompok tiang berdasarkan persamaan efisiensi kelompok tiang (E_g). Jika ditinjau dari daya dukung kelompok tiang berdasarkan efisiensi kelompok tiang dibandingkan dengan beban yang dilayani memiliki jarak yang sangat jauh yaitu antara 11.831,3 kN dan 4.999,809 kN, sehingga dapat direncanakan tiang pancang dengan diameter yang lebih kecil.

- c. Alternatif tiang pancang dengan diameter 0,5 m direncanakan dengan 2 baris dan masing-masing baris memiliki 5 buah tiang. Mengingat diameter yang lebih kecil berpotensi memiliki ketahanan terhadap momen yang lebih kecil sehingga direncanakan dengan 2 baris. Jumlah tiang masing-masing baris direncanakan 5 buah untuk mencapai jarak antar tiang yang seimbang antara arah melintang dan memanjang.

$$s' \text{ pakai} = 1,8 \text{ m}$$

$$\text{Diameter tiang (d)} = 500 \text{ mm} = 0,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas lingkaran tiang (Ab)} &= \frac{1}{4} \times 22/7 \times 0,5^2 \\
 &= 0,196428571 \text{ m}^2 \\
 \text{Keliling lingkaran tiang} &= 22/7 \times 0,5 \\
 &= 1,571428571 \text{ m} \\
 \text{Kedalaman tiang (L)} &= 10 \text{ m (tertanam pada tanah asli)} \\
 \text{Luas selimut tiang (As)} &= \text{Keliling lingkaran tiang} \times \text{kedalaman tiang} \\
 &= 1,571428571 \times 10 \\
 &= 15,71428571 \text{ m}^2 \\
 \text{Rasio L/d} &= 10/0,5 \\
 &= 20 \\
 f_b &= 0,4 \times \frac{40+40}{2} \times 20 \times 100 \leq 3 \times \frac{40+40}{2} \times 100 \\
 &= 32.000 \text{ kN/m}^2 > 12.000 \text{ kN/m}^2 \\
 f_b \text{ pakai} &= 12.000 \text{ kN/m}^2 \\
 Q_b &= A_b \times f_b \\
 &= 0,196428571 \times 12.000 \\
 &= 2.357,1 \text{ kN} \\
 f_s &= 1/50 \times \frac{39+40+40+40+40}{95} \times 100 \\
 &= 79,6 \text{ kN/m}^2 \\
 Q_s &= A_s \times f_s \\
 &= 15,71428571 \times 79,6 \\
 &= 1.250,857143 \text{ kN} \\
 W_p &= 15 \times (290/1000) \times 9,8 \\
 &= 42,63 \text{ kN} \\
 Q_u &= Q_b + Q_s - W_p \\
 &= 2.357,1 + 1.250,857143 - 42,63 \\
 &= 3.565,37 \text{ kN} \\
 Q_a &= Q_u/SF \\
 &= 3565,37/3 \\
 &= 1.188.456667 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Perhitungan daya dukung kelompok tiang berdasar persamaan efisiensi kelompok tiang.

$$\begin{aligned}\theta &= \text{arc tg } 0,5/1,8 \\ &= 15,52411^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}E_g &= 1 - 15,52411 \frac{(5-1)2+(2-1)5}{90 \times 2 \times 5} \\ &= 0,775763\end{aligned}$$

$$P = 4.999,809 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}Q_g &= E_g \times n \times Q_u \\ &= 0,775763 \times 10 \times 3.565,37 \\ &= 27.658,82 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_{g \text{ all}} &= Q_g / SF \\ &= 27.658,82 / 3 \\ &= 9219.605 \text{ kN} > 4.999,809 \text{ kN (OK)}\end{aligned}$$

Perhitungan daya dukung kelompok tiang Terzaghi dan Peck (1948).

$$c_b \text{ dan } c = 37,5 \text{ kN/m}^2$$

$$N_c = 9$$

$$B = 2,8 \text{ m}$$

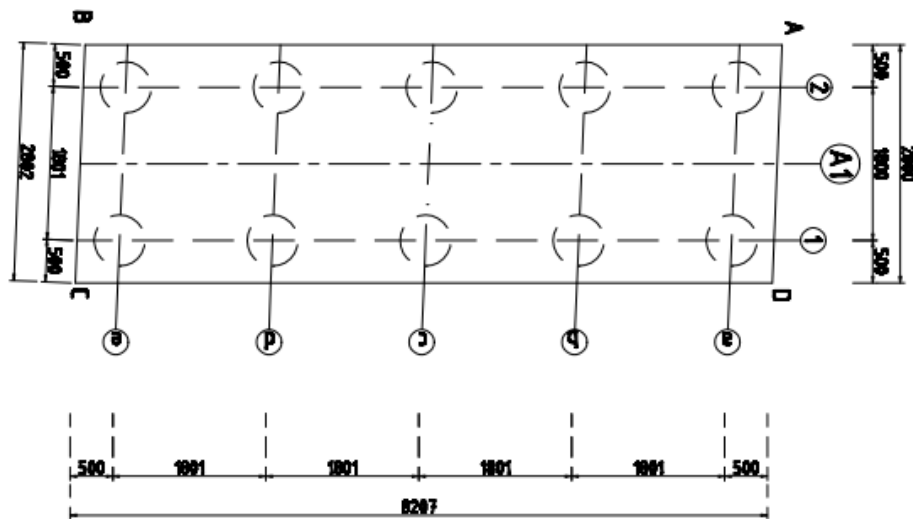
$$L = 8,2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}Q_g &= 2 \times 10 (2,8 + 8,2) \times 37,5 + 1,3 \times 37,5 \times 9 \times 2,8 \times 8,2 \\ &= 18.323,7 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_{g \text{ all}} &= Q_g / SF \\ &= 18.323,7 / 3 \\ &= 6.107,9 \text{ kN} > 4.999,809 \text{ kN (OK)}\end{aligned}$$

Hasil perhitungan menunjukkan daya dukung ijin kelompok tiang dari persamaan yang disarankan Terzaghi dan Peck (1948) sebesar 6.107,9 kN mampu menahan beban kerja dari *abutment* di atasnya sebesar 4.999,809 kN. Nilai daya dukung ijin kelompok tiang ini dipilih karena merupakan nilai terkecil jika dibandingkan dengan daya dukung ijin kelompok tiang berdasarkan persamaan efisiensi kelompok tiang (E_g). Tiang pancang diameter 0,5 m dengan konfigurasi pada tiap *abutment* memiliki 2 baris dan dalam tiap baris terdiri dari 5 buah tiang pancang memiliki daya dukung yang

cukup untuk mendukung beban kerja di atasnya. Alternatif ini dianggap lebih efektif untuk dilaksanakan disbanding 2 alternatif sebelumnya. Denah tiang pancang dapat dilihat pada Gambar 5.7 Denah Pondasi Tiang Pancang di bawah ini.



Gambar 5.7 Denah Pondasi Tiang Pancang

2. Volume tiang pancang

$$\text{Diameter} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman pondasi} = 15 \text{ m}$$

$$\text{Panjang tiang} = 16 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah tiang} = 20 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} \text{Keliling lingkaran tiang} &= \frac{22}{7} \times 0,5 \\ &= 1,57143 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luasan ujung tiang} &= 0,25 \times \frac{22}{7} \times 0,5^2 \\ &= 0,19643 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume 1 tiang} &= \text{Luas ujung tiang} \times \text{panjang tiang} \\ &= 0,19643 \times 16 \\ &= 3,14286 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat 1 tiang} &= \text{panjang tiang} \times \text{berat tiap meter} \\ &= 16 \times 290 = 4640 \text{ kg} \end{aligned}$$

3. Pekerjaan pemancangan

Pemancangan yang dilakukan melibatkan dua buah *crawler crane*, salah satunya dipadukan dengan *hammer* untuk memukul tiang panjang. Spesifikasi alat sebagai berikut.

a. *Crawler crane* 2 buah

Merek	= Kobelco 7055
Power	= 180 ps
Kecepatan <i>swing</i>	= 3,7 rpm
Kecepatan jelajah	= 1,1-1,6 km/h (reduksi 40% untuk tanjakan)
Kecepatan angkat	= 50 m/min

b. *Hammer*

Merek	= Kobelco 25 <i>diesel hammer</i>
Berat <i>hammer</i>	= 5,7 ton
Pukulan/menit	= 54 kali
Tinggi Jatuh <i>hammer</i>	= 0,2 cm

Peran *crane* yang tidak membawa *hammer* adalah membantu bongkar muat tiang pancang dari *truck* ke lokasi penyimpanan dan membantu menyiapkan tiang pancang yang akan dipancangan.

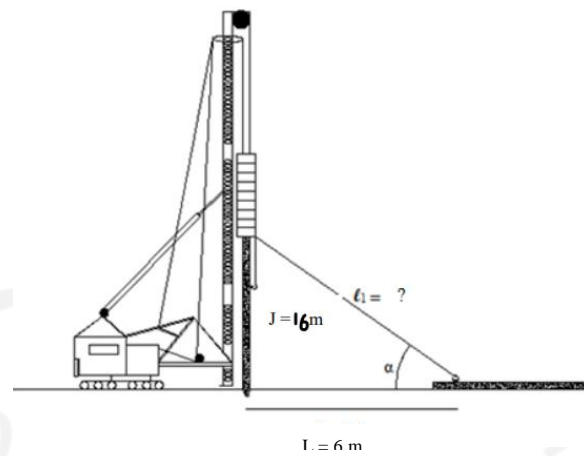
Kapasitas <i>crane</i> V	= 16 m
Jam kerja 1 hari (tk)	= 7 jam
Faktor efisiensi alat	= 0,75 (Tabel 5.2)
Waktu muat (t1)	= 10 menit
Waktu <i>service</i> pemancangan (t2)	= 118,03177 menit
Waktu lain-lain (t3)	= 10 menit
Waktu siklus (Ts)	= t1 + t2 + t3
	= 10 + 118,03177 + 10
	= 138,03177 menit
Kapasitas Produksi (Q)	= $\frac{V \times Fa \times 60}{Ts}$
	= $\frac{16 \times 0,75 \times 60}{138,03177}$
	= 5,2161 m/jam

$$\begin{aligned}
 \text{Koefisien alat} &= 1/Q \\
 &= 1/5,2161 \\
 &= 0,1917108 \text{ jam} \\
 \text{Produktivitas dalam 1 hari (Qt)} &= tk \times Q \\
 &= 7 \times 5,2161 \\
 &= 42,700369 \text{ m/hari} \\
 \text{Tenaga yang direncanakan} &= 5 \text{ orang} \\
 \text{Mandor} &= 1 \text{ orang} \\
 \text{Tukang} &= 1 \text{ orang} \\
 \text{Pekerja} &= 3 \text{ orang} \\
 \text{Koefisien mandor} &= \frac{tk \times \text{jumlah mandor}}{Qt} \\
 &= \frac{7 \times 1}{42,700369} \\
 &= 0,163933 \text{ orang jam} \\
 \text{Koefisien tukang} &= \frac{tk \times \text{jumlah mandor}}{Qt} \\
 &= \frac{7 \times 1}{42,700369} \\
 &= 0,163933 \text{ orang jam} \\
 \text{Koefisien pekerja} &= \frac{tk \times \text{jumlah pekerja}}{Qt} \\
 &= \frac{7 \times 3}{42,700369} \\
 &= 0,491799 \text{ orang jam}
 \end{aligned}$$

Crane dan *hammer* berkolaborasi melaksanakan tugas pemancangan tiang. Perhitungan koefisien pemancangan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas } \textit{pile driver} \text{ V} &= 16 \text{ m} \\
 \text{Jam kerja 1 hari (tk)} &= 7 \text{ jam} \\
 \text{Faktor efisiensi alat} &= 0,75 \text{ (Tabel 5.2)}
 \end{aligned}$$

Tiang pancang yang akan dipancangkan diletakkan dibelakan alat. untuk mengambil tiang pancang diperlukan berputas 180° sebanyak 2 kali, mengambil tiang dan mendirikan pada titik pancang.



Gambar 5.8 Ilustrasi Jarak Pengambilan Tiang Pancang

$$\begin{aligned}
 l &= \sqrt{16^2 + 6^2} \\
 &= 55,42563 \text{ m} \\
 \text{Waktu angkat (t1)} &= \frac{55,42563}{50} \\
 &= 1,108513 \text{ menit} \\
 \text{Waktu swing } 180^\circ \text{ 2 kali (t2)} &= \frac{360}{3,7 \times 360} \\
 &= 0,27027 \text{ menit} \\
 \text{Waktu lain-lain (t3)} &= 10 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Besarnya penetrasi tiang pancang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan keseimbangan berikut ini.

$$W \cdot h = Q_u \cdot s \quad (5.12)$$

dengan :

W = Berat *hammer*

h = Tinggi jatuh *hammer*

Q_u = Tahanan tanah

s = Penetrasi tiang pancang

$$Q_u = 368,163 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Besarnya penurunan tiang (s)} &= \frac{W \cdot h}{Q_u} \\
 &= \frac{5,7 \times 20}{368,163}
 \end{aligned}$$

$$= 0,30965 \text{ cm}$$

$$\text{Waktu pemancangan (t4)} = \frac{1500}{0,30965 \times 54}$$

$$= 95,689 \text{ menit}$$

$$\text{Waktu seting kalendering (t5)} = 5 \text{ menit}$$

$$\text{Waktu kalendering (t6)} = \frac{10}{54}$$

$$= 0,185185 \text{ menit}$$

Waktu pindah (t7) dapat dilihat pada Tabel 5.13 Perpindahan Alat Pancang dibawah ini.

Tabel 5.13 Perpindahan Alat Pancang

urutan pemancangan		
1. 1a, 1b, 1c		
mundur 2 meter	0,109091	menit
2. 2a, 2b, 2c		
mundur 4 meter	0,218182	menit
swing 90'	0,067568	menit
maju 3.6 meter	0,196364	menit
swing 90'	0,067568	menit
maju 6 meter	0,327273	menit
3. 1d, 1e		
mundur 2 meter	0,109091	menit
4. 2d, 2e		
waktu perpindahan pada abudment 1	1,095135	menit
siklus abudment 2 sama		
waktu perpindahan pada abudment 2	1,095135	menit
waktu pindah dari abudment 1 ke abudment 2		
1. mundur 6 meter	0,327273	menit
2. swing 90'	0,067568	menit
3. maju 10 meter	1,363636	menit
4. swing 90'	0,067568	menit
5. maju 80 meter	4,363636	menit
6. swing 90'	0,067568	menit
7. maju 10 m	1,363636	menit
8. swing 90'	0,067568	menit
9. maju 8 meter	0,436364	menit
Waktu pindah A1 ke A2	8,124816	menit
jumlah waktu pindah	13,01779	menit
waktu pindah rata2 unt. 1 tiang	0,650889	menit

Sumber : Analisis Data

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu perpindahan alat (t7)} &= 0,650889 \text{ menit} \\
 \text{Waktu siklus (Ts)} &= t1 + t2 + t3 + t3 + t4 + t5 + t6 + t7 \\
 &= 124,01233 \text{ menit} \\
 \text{Kapasitas Produksi (Q)} &= \frac{V \times Fa \times 60}{Ts} \\
 &= \frac{16 \times 0,75 \times 60}{124,01233} \\
 &= 5,8058744 \text{ m/jam} \\
 \text{Koefisien alat} &= 1/Q \\
 &= 1/5,8058744 \\
 &= 0,1722393 \text{ alat jam} \\
 \text{Produktivitas dalam 1 hari (Qt)} &= tk \times Q \\
 &= 7 \times 5,8058744 \\
 &= 40,641121 \text{ m/hari} \\
 \text{Tenaga yang direncanakan} &= 5 \text{ orang} \\
 \text{Mandor} &= 1 \text{ orang} \\
 \text{Tukang} &= 1 \text{ orang} \\
 \text{Pekerja} &= 3 \text{ orang} \\
 \text{Koefisien mandor} &= \frac{tk \times \text{jumlah mandor}}{Qt} \\
 &= \frac{7 \times 1}{40,641121} \\
 &= 0,1722393 \text{ orang jam} \\
 \text{Koefisien tukang} &= \frac{tk \times \text{jumlah mandor}}{Qt} \\
 &= \frac{7 \times 1}{40,641121} \\
 &= 0,1722393 \text{ orang jam} \\
 \text{Koefisien pekerja} &= \frac{tk \times \text{jumlah pekerja}}{Qt} \\
 &= \frac{7 \times 3}{40,641121} \\
 &= 0,516718 \text{ orang jam}
 \end{aligned}$$

Analisa harga satuan pekerjaan pemancangan bersama dengan peran *crane* diperhitungkan dalam satuan m per jam. Koefisien yang digunakan merupakan hasil penjumlahan koefisien dari tenaga pemancangan dan *crane service*.

Jam kerja 1 hari	= 7 jam
Upah mandor/hari	= Rp 193.700,00 (Tabel 5.1)
Upah mandor/jam	= 193.700 : 7
	= Rp 27.671,42
Upah tukang/hari	= Rp 170.500,00 (Tabel 5.1)
Upah tukang/jam	= 170.500 : 7
	= Rp 24.357,14
Upah pekerja/hari	= Rp 155.000,00 (Tabel 5.1)
Upah pekerja/jam	= 155.000 : 7
	= Rp 22.142,85
Harga tiang pancang/m	= Rp 1.142.400,00 (Tabel 5.1)
Harga tiang pancang 16 m	= 1.142.400 x 16
	= Rp 18.278.400,00
Harga sewa crane/jam	= Rp 929.700,00 (Tabel 5.1)
Harga pile driver+hammer/m	= Rp 324.100,00 (Tabel 5.1)

Perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.14 AHSP Pemancangan tiap M Panjang dibawah ini.

Tabel 5.14 AHSP Pemancangan tiap M Panjang

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga satuan	Jumlah Harga
A	Tenaga				
	Mandor	OJ	0,37225647	27.671,4286	10.300,8682
	Tukang	OJ	0,37225647	24.357,1429	9.067,10392
	Pekerja	OJ	1,1167694	22.142,8571	24.728,4652
	Jumlah Harga Tenaga				
B	Bahan				
	Tiang pancang precast Dia. 50 cm panjang 16 m	bh	0,0625	18.278.400	1.142.400
	Jumlah Harga Bahan				
C	Peralatan				
	crane (di lapangan)	jam	0,20001712	929.700	185.955,918
	pile driver hammer	jam	0,17223934	324.100	55.822,7714
	Jumlah Harga Alat				
D	Jumlah Harga Tenaga, Bahan, dan Peralatan				1.428.275,13
E	Overhead 15%			15%	214.241,269
F	Harga Satuan Pekerjaan				1.642.516,4

Sumber : Analisis Data

Dari hasil analisis didapatkan data sebagai berikut.

Jumlah tiang	= 20 buah
Panjang tiap tiang	= 16 m
Panjang total 20 tiang	= 20 x 16
	= 320 m
Harga satuan pekerjaan	= Rp 1.642.516,39
Harga pekerjaan pemancangan	= harga satuan x panjang total tiang pancang
	= 1.642.516,39 x 320
	= Rp 525.605.247,00

Waktu pekerjaan pemancangan dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu pemancangan} &= \frac{V}{Q} \\
 &= \frac{320}{40,641121} \\
 &= 7,8737986 \text{ hari} \\
 &\approx 8 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

4. Pekerjaan galian manual

Pondasi tiang pancang yang sudah dipancang dengan total panjang 16 m kemudian akan dibobok bagian atasnya sepanjang 1 m untuk mendapatkan tulangan penyaluran ke struktur *abutment*. Untuk dapat membobok sepanjang 1 m maka harus dilakukan penggalian seluas *abutment* yaitu 8,2 x 2,8 m² sedalam 1 m. Hasil perhitungan sama dengan galian manual pada pondasi tiang bor.

Harga satuan pekerjaan	= Rp 139.256,90 (Tabel 5.7)
Panjang <i>abutment</i>	= 8,2 m
Lebar <i>abutment</i>	= 2,8 m
Kedalaman <i>abutment</i>	= 1 m
Jumlah <i>abutment</i>	= 2 buah
Harga pekerjaan galian manual	= 139.256,90 x 8,2 x 2,8 x 1 x 2
	= Rp 6.394.652,74

Waktu pemadatan dapat dihitung sebagai berikut.

Jumlah Koefisien	= 0,775
------------------	---------

$$\begin{aligned}
 \text{Tenaga yang direncanakan} &= 6 \text{ orang} \\
 \text{Waktu penggalian} &= \frac{k \times V}{N} \\
 &= \frac{0,775 \times 45,92}{6} \\
 &= 5,9313 \text{ hari} \\
 &\approx 6 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

5. Tes PDA

Pondasi tiang pancang yang sudah selesai dikerjakan dan sebelum dibangun konstruksi di atasnya perlu dilakukan pengujian daya dukung. Banyak jenis tes yang dapat dilakukan, salah satunya adalah tes PDA. Biasanya pondasi tiang yang diuji adalah 1% dari total tumlah tiang pancang. Pada pekerjaan *abutment* ini diasumsikan PDA dilakukan pada 2 buah tiang, 1 pondasi tiang pada *abutment* 1 dan 1 buah tiang pada *abutment* 2. Waktu yang diperlukan untuk melakukan tes PDA cukup singkat, dan untuk pengetesan 2 buah pondasi tiang dapat diasumsikan dilaksanakan selama 1 hari.

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya tes PDA} &= \text{Rp } 8.000.000,00 \\
 \text{Waktu tunggu} &= 5 \text{ hari} \\
 \text{Waktu pelaksanaan} &= 1 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

6. Pekerjaan bobok beton

Pekerjaan bobok beton dilakukan secara manual. Perhitungan analisis harga satuan pekerjaan dilakukan dengan satuan m^3 per hari. Cara perhitungan sebagaimana perhitungan AHSP untuk pembesian. Parameter penting adalah volume acuan perhitungan pekerjaan bobok beton adalah volume beton sebesar $3,9286 \text{ m}^3$. Besarnya volume ini diambil dari masing-masing tiang bor setinggi 1 meter dari kepala tiang rencana. Tujuan pembobokan adalah untuk mendapatkan tulangan penyaluran ke struktur di atasnya. Besaran koefisien mengacu pada Permen PUPR Nomor 1 Tahun 2022.

$$\begin{aligned}
 \text{Upah mandor/hari} &= \text{Rp } 193.700,00 \text{ (Tabel 5.1)} \\
 \text{Upah pekerja/hari} &= \text{Rp } 155.000,00 \text{ (Tabel 5.1)} \\
 \text{Harga sewa } \textit{Jack hammer}/\text{hari} &= \text{Rp } 446.300,00 \text{ (Tabel 5.1)}
 \end{aligned}$$

Data analisis dapat dilihat pada Tabel 5.15 AHSP Bobok Beton Pancang dibawah ini.

Tabel 5.15 AHSP Bobok Beton Pancang dengan *Jack Hammer* tiap 1 M³

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga satuan	Jumlah Harga
A	Tenaga				
	Mandor	OH	0,02	193.700	3.874
	Pekerja	OH	0,2	155.000	31.000
	Jumlah Harga Tenaga				
B	Bahan				
	Jumlah Harga Bahan				
C	Peralatan				
	Jack Hammer	Bh/hari	0,05	446.300	22.315
	Jumlah Harga Alat				
D	Jumlah Harga Tenaga, Bahan, dan Peralatan				57.189
E	Overhead 15%			15%	8.578,35
F	Harga Satuan Pekerjaan				65.767,35

Sumber : Analisis Data

Hasil analisis menunjukkan besarnya harga satuan pekerjaan. Harga pekerjaan didapatkan dengan perkalian antara volume pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan. Dari koefisien yang ada dapat diperkirakan waktu yang perlukan untuk pekerjaan ini.

$$\text{Harga satuan pekerjaan} = \text{Rp } 65.767,35$$

$$\begin{aligned} \text{Harga pekerjaan bobok beton} &= 65.767,35 \times 3,9286 \\ &= \text{Rp } 258.371,73 \end{aligned}$$

Waktu pemadatan dapat dihitung sebagai berikut.

$$\text{Jumlah Koefisien} = 0,22$$

$$\text{Tenaga yang direncanakan} = 2 \text{ orang}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu bobok beton} &= \frac{k \times V}{N} \\ &= \frac{0,22 \times 3,9286}{4} \\ &= 0,4321 \text{ hari} \\ &\approx 1 \text{ hari} \end{aligned}$$

7. Rekapitulasi Analisis Harga Satuan Pekerjaan dan Waktu

Analisis yang dilakukan menunjukkan hasil perkiraan harga dan waktu dalam pelaksanaan pekerjaan pondasi dalam tiang pancang. Biaya ditambah dengan biaya mobilisasi dan demobilisasi peralatan dan material sebesar Rp 88.000.000,00. Jumlah biaya untuk pelaksanaan pondasi tiang pancang sebesar Rp 628.258.271,00. Rekapitulasi biaya tiang pancang dapat dilihat pada Tabel 5.16 Rekapitulasi Biaya Tiang Pancang.

Tabel 5.16 Rekapitulasi Biaya Tiang Pancang

No	Uraian	volume	satuan	harga satuan	jumlah harga
1	pekerjaan tiang pancang	320	m	1.642.516,4	525.605.247
2	bobok beton	3,9286	m ³	65.767,35	258.371,732
3	galian sedalam 1m	45,92	m ³	139.256,375	6.394.652,74
4	mobilisasi dan demobilisasi	1	ls	88.000.000	88.000.000
5	tes PDA	1	ls	8.000.000	8.000.000
Jumlah Harga					628.258.271

Sumber : Analisis Data

Waktu pelaksanaan pekerjaan pondasi dalam tiang pancang dapat dilihat pada Gambar 5.9 *Barchart* Waktu Pelaksanaan Tiang Pancang di bawah ini.

No	Daftar pekerjaan	Waktu (Hari)																	
		Pekan 1						Pekan 2						Pekan 3					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	pemancangan	8																	
3	penggalian sedalam 1m	6																	
4	bobok beton	1																	
5	ted PDA	1																	

Gambar 5.9 Barchart Waktu Pelaksanaan Tiang Pancang

Dari table yang disajikan di atas diketahui bahwa waktu yang diperlukan untuk melaksanakan pekerjaan tiang pancang adalah 13 hari.

5.3 Pembahasan

Biaya dan waktu yang diperlukan dalam pelaksanaan sebuah proyek konstruksi dapat direncanakan. Bisa saja direncanakan dengan biaya minim dan waktu singkat, biaya besar dengan waktu singkat, biaya kecil dengan waktu lama atau dengan biaya yang besar namun waktunya juga lama. Semua dapat dipilih dengan pertimbangan yang matang.

Pada pekerjaan pondasi dalam juga demikian. Tidak semua pelaksanaan yang memiliki harga lebih tinggi berarti tidak layak untuk dipilih. Dan tidak selalu pelaksanaan dengan waktu yang lama tidak layak dipilih. Contohnya ketika dari perhitungan dihasilkan perencanaan tiang pancang lebih efektif dan efisien, namun pekerjaan tersebut tidak memungkinkan dilaksanakan dengan pondasi tiang pancang, sehingga alternatif yang lain tetap dapat dilaksanakan dengan perhitungan dan pertimbangan yang baik.

5.3.1 Pembahasan Biaya

Perbandingan biaya pelaksanaan pondasi dalam tiang bor dengan tiang pancang tidak dapat dipukul rata dengan kesimpulan salah satu jenis pondasi selalu lebih ekonomis. Maka perlu dilakukan analisis yang matang untuk menentukan nilai ekonomi dari pemilihan salah satu jenis pondasi tiang tersebut.

Hasil analisis data yang membandingkan biaya antara pelaksanaan pondasi dalam tiang bor dengan tiang pancang pada penelitian ini, menunjukkan bahwa pondasi tiang bor dengan diameter 80 cm sebanyak 8 buah dengan kedalaman 15 m lebih ekonomis dibandingkan dengan pondasi tiang pancang dengan diameter 50 cm sebanyak 20 buah dengan kedalaman yang sama. Biaya yang diperlukan untuk pelaksanaan pondasi tiang bor sebesar Rp 411.337.117,70 sedangkan biaya pelaksanaan pondasi tiang pancang sebesar Rp 628.258.271,00. Dengan demikian biaya tiang bor lebih murah Rp 216.921.153,3 atau 34,53% dari biaya pelaksanaan tiang pancang.

Pada penelitian sebelumnya yang penulis tinjau memiliki variasi hasil analisis biaya. Sebagian menunjukkan pemilihan pondasi tiang bor lebih ekonomis dan sebagian menunjukkan sebaliknya. Perbedaan tersebut dapat dilihat pada tabel 5.17 Perbandingan Biaya Hasil Penelitian Terdahulu dan Sekarang di bawah ini.

Tabel 5.17 Perbandingan Biaya Hasil Penelitian Terdahulu dan Sekarang

No	Peneliti	Biaya pelaksanaan pondasi		Keterangan
		Tiang pancang	Tiang bor	
1	Pagehgi, 2015	Rp 104.439.399,30	Rp 70.309.270,33	Tiang bor lebih ekonomis
2	Asmoro dan Setiyono, (2021)	Rp 1.394.089.606,13	Rp 2.691.403.007,81	Tiang pancang lebih ekonomis
3	Sembiring, (2019)	Rp 275.198.220,83	Rp 495.887.437,06	Tiang pancang lebih ekonomis
4	Muluk dkk. (2020)	Rp 14.047.100.000,00	Rp 12.736.500.000,00	Tiang bor lebih ekonomis
5	Jakti, (2013)	Rp 2.654.542.120,00	Rp 2.670.697.330,00	Tiang pancang lebih ekonomis
6	Firdaus, (2022)	Rp 628.258.271,00	Rp 411.337.117,70	Tiang bor lebih ekonomis

Sumber : Analisis Data

5.3.2 Pembahasan Waktu

Waktu pelaksanaan pondasi tiang bor maupun tiang pancang perlu dianalisa dengan cermat sebagai pertimbangan dalam memilih salah satu jenis pondasi yang cocok untuk dilaksanakan pada sebuah proyek konstruksi.

Hasil analisis data yang membandingkan waktu antara pelaksanaan pondasi dalam tiang bor dengan tiang pancang pada penelitian ini, menunjukkan bahwa pondasi tiang pancang dengan diameter 50 cm sebanyak 20 buah dengan kedalaman 15 m lebih cepat dibandingkan dengan pondasi tiang bor dengan diameter 80 cm sebanyak 8 buah dengan kedalaman yang sama. Waktu yang diperlukan untuk pelaksanaan pondasi tiang bor selama 26 hari sedangkan biaya pelaksanaan pondasi tiang pancang selama 13 hari. Dengan demikian waktu pelaksanaan tiang pancang lebih cepat 13 hari atau 50% dari waktu pelaksanaan tiang bor.

Pada penelitian sebelumnya yang penulis tinjau memiliki variasi hasil analisis waktu. Sebagian menunjukkan pemilihan pondasi tiang bor lebih cepat dan sebagian menunjukkan sebaliknya. Perbedaan tersebut dapat dilihat pada tabel 5.18 Perbandingan Waktu Hasil Penelitian Terdahulu dan Sekarang di bawah ini.

Tabel 5.18 Perbandingan Waktu Hasil Penelitian Terdahulu dan Sekarang

No	Peneliti	Waktu pelaksanaan pondasi		Keterangan
		Tiang pancang	Tiang bor	
1	Pagehgi, 2015	33,78 hari	22,51 hari	Tiang bor lebih cepat
2	Asmoro dan Setiyono, (2021)	4 hari	18 hari	Tiang pancang lebih cepat
3	Sembiring, (2019)	16 hari	48 hari	Tiang pancang lebih cepat
4	Muluk dkk. (2020)	114 hari	84 hari	Tiang bor lebih cepat
5	Jakti, (2013)	73 hari	98 hari	Tiang pancang lebih cepat
6	Firdaus, (2022)	13 hari	26 hari	Tiang pancang lebih cepat

Sumber : Analisis Data

5.3.3 Faktor Penyebab Perbedaan Biaya dan Waktu

Pada penelitian ini didapatkan hasil bahwa pondasi dalam tiang pancang memiliki harga yang lebih mahal dibanding tiang bor. Perbedaan harga antara pelaksanaan kedua jenis pondasi tersebut dipengaruhi berbagai faktor sebagai berikut.

1. Jumlah pondasi tiang pancang 20 buah, jauh lebih banyak dari pada jumlah pondasi tiang bor yang hanya 8 buah. Volume pekerjaan tiang pancang lebih besar, sehingga pada analisis harga tiang pancang, pekerjaan pemancangan memakan biaya paling besar yaitu Rp 525.605.246,70 (Tabel 5.16). Sedangkan pada analisis harga tiang bor pekerjaan yang seimbang dengan pekerjaan pemancangan mencakup pembesian, *boring*+pembetonan, pemadatan beton dan *crane service* hanya memerlukan biaya Rp 308.677.892,30 (Tabel 5.11).

2. Perbedaan harga pelaksanaan pondasi dalam tergantung pada harga bahan baku. Harga bahan dari setiap *vendor* atau distributor berbeda-beda. Sebagai acuan analisis maka dipakai harga sesuai dengan Peraturan Gubernur Banten Nomor 39 Tahun 2021 Tentang Standarisasi Harga Barang Dan Jasa Pemerintah Provinsi Banten Tahun 2022 serta dianalisis dengan AHSP Permen PUPR Nomor 1 Tahun 2022. Jika harga bahan diambil langsung dari masing-masing *vendor* atau distributor maka harga pelaksanaan pondasi yang didapatkan dapat berbeda dari analisis yang penulis lakukan.

Waktu yang diperlukan dalam pelaksanaan pondasi dalam tiang bor maupun tiang pancang memiliki perbedaan yang lama. Beberapa faktor yang berpengaruh dalam pelaksanaan sebagai berikut :

1. Perbandingan waktu yang diperhitungkan terbatas pada pekerjaan yang dilaksanakan pada lokasi proyek sampai dengan pelaksanaan tes PDA. Dari pembatasan ini, proses pabrikasi tiang pondasi pancang di pabrik tidak diperhitungkan, sehingga pelaksanaan pondasi tiang bor memiliki *item* pekerjaan yang lebih banyak dan memakan banyak waktu.
2. Pelaksanaan tes PDA pada pondasi tiang bor harus menunggu usia beton 28 hari. Pada praktiknya saat beton sudah berusia 14 hari sudah dapat dilakukan tes PDA. Sedangkan tes PDA pada pondasi tiang pancang hanya diperlukan waktu tunggu sekitar 5 hari. Hal ini menyebabkan perbedaan waktu pekerjaan tiang bor menjadi semakin lama.
3. Jumlah pondasi yang dikerjakan pada pondasi tiang bor sedikit sehingga waktu pekerjaan pembesian dan tunggu matang beton menjadi dominan. Jika jumlah tiang bor yang dilaksanakan lebih banyak, berkemungkinan waktu pekerjaan pembesian dan waktu tunggu matang beton dapat *overlapping* dengan pekerjaan lainnya, sehingga jarak waktu yang diperlukan pada pelaksanaan pondasi tiang bor dan tiang pancang tidak terputus jauh atau bahkan dapat lebih cepat.
4. Jumlah pekerja menentukan waktu yang dibutuhkan dalam pelaksanaan pondasi tiang bor dan tiang pancang. Semakin banyak pekerja maka waktu yang diperlukan akan semakin singkat, dan jika dikurangi jumlah pekerjanya dapat menambah waktu yang diperlukan.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Hasil analisis yang sudah dilakukan menyatakan bahwa pelaksanaan dengan tiang pancang memerlukan waktu 13 hari untuk selesai dengan biaya sebesar Rp 628.258.271,00 (enam ratus dua puluh delapan juta dua ratus lima puluh delapan ribu dua ratus tujuh puluh satu rupiah). Dan pada pekerjaan pondasi tiang bor waktu yang diperlukan adalah 26 hari dengan biaya Rp 411.337.117,70 (empat ratus sebelas juta tiga ratus tiga puluh tujuh ribu seratus tujuh belas koma tujuh rupiah). Dapat disimpulkan pada studi kasus jembatan *over pass* 4 Sukajadi 2 pondasi dalam tiang pancang lebih cepat pelaksanaannya, hanya 50% dari waktu pelaksanaan pondasi tiang bor. Dari segi biaya, pondasi tiang bor lebih ekonomis 34,53% disbanding biaya pelaksanaan pondasi tiang pancang.

Perbedaan biaya dan waktu dipengaruhi beberapa faktor yang sudah dijelaskan pada pembahasan. Rangkuman faktor yang mempengaruhi biaya dan waktu dapat dilihat pada tabel 6.1 Faktor Berpengaruh pada Biaya dan Waktu Pelaksanaan Pondasi Tiang di bawah ini.

Tabel 6.1 Faktor Berpengaruh pada Biaya dan Waktu Pelaksanaan Pondasi Tiang

No	Perbandingan	Hasil	Faktor yg mempengaruhi
1	Biaya	Pondasi tiang bor lebih ekonomis	1. Jumlah pondasi tiang pancang lebih banyak dibanding pondasi tiang bor
			2. Harga standar SHBJ berbeda dengan harga <i>vendor</i> atau distributor.
2	Waktu	Pondasi tiang pancang lebih cepat	1. Waktu yang dibandingkan hanya pekerjaan di lapangan, sehingga waktu pekerjaan pondasi tiang bor lebih lama karena <i>item</i> pekerjaannya lebih banyak.
			2. Waktu tunggu tes PDA pondasi tiang bor lebih lama.
			3. Jumlah pondasi sedikit, tidak banyak pekerjaan yang bisa <i>overlapping</i> .
			4. Jumlah pekerja jika ditambah dapat mengurangi waktu pelaksanaan.

Sumber : Analisis Data

6.2 Saran

Hal penting yang penulis sampaikan sebagai pertimbangan untuk dan saran untuk penelitian yang selanjutnya sebagai berikut.

1. Jumlah titik pondasi yang diteliti lebih banyak sehingga dapat dilihat perbandingan harga dan waktu dari jenis pondasi dalam yang lebih baik.
2. Penelitian selanjutnya dapat memperhitungkan lebih matang kebutuhan pondasi yang jadi alternatif pilihan dari segi dimensi, jumlah dan kedalaman.
3. Masing-masing jenis alat pancang memiliki produktivitas yang berbeda, perlu dilakukan penelitian perbandingan mana jenis alat yang lebih unggul untuk jenis tanah tertentu.

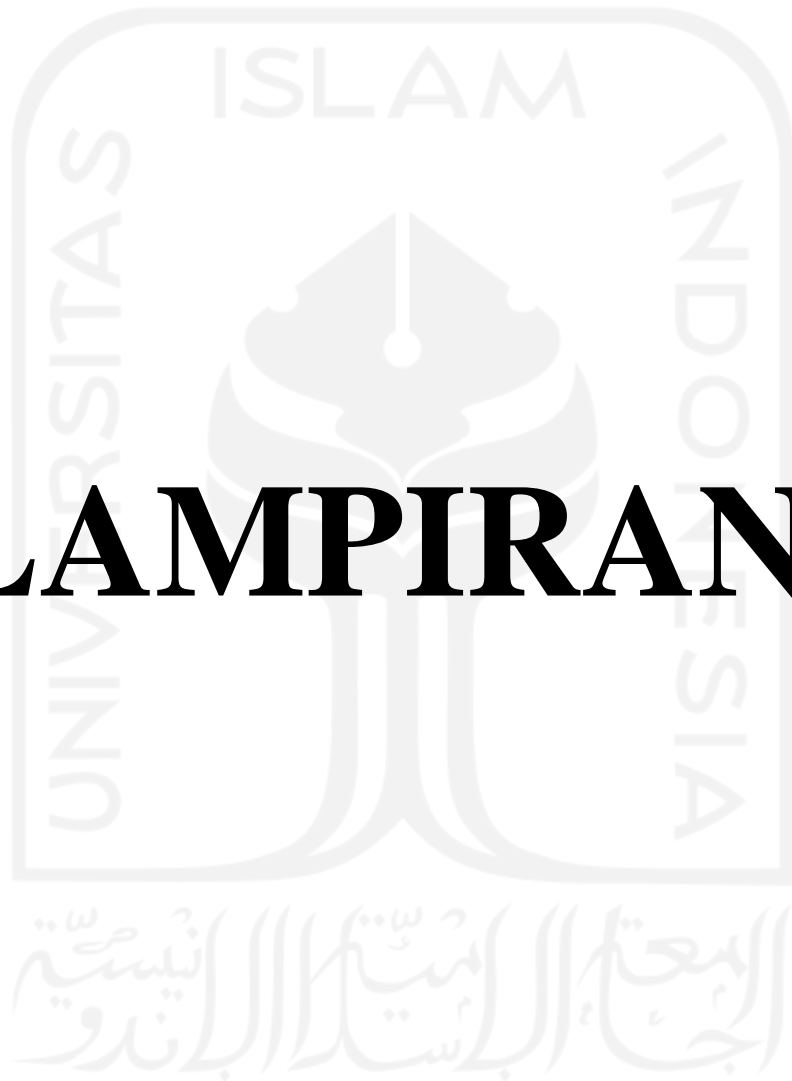


DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2022. Standarisasi Harga Barang dan Jasa Pemerintah Provinsi Banten Tahun 2022. Pemerintah Provinsi Banten. Serang.
- Asmoro, M.R. dan Setiyono, A. 2021. Analisis Antara Penggunaan Pondasi Tiang bor Dengan Tiang Pancang (Studi Kasus : Gedung Dprd Kota Surabaya). *Seminar Keinsinyuran*. Malang.
- Bowles, J.E. 1991. Analisa dan Desain Pondasi. Edisi Keempat Jilid 1. Erlangga. Jakarta.
- Dipohusodo, Istimawan. 1996. Manajemen Proyek dan Konstruksi. Kanisius. Yogyakarta.
- Ervianto, Wulfram I. 2002. Manajemen Proyek Konstruksi. Andi. Yogyakarta.
- Ervianto, I.W. 2005. Manajemen Proyek Konstruksi Edisi Revisi. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, HC. (2010). Analisis dan Perancangan Fondasi. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Hardiyatmo, HC. (2001). Teknik Pondasi II. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Husen, Abrar. 2009. Manajemen Proyek. Yogyakarta: Andi Ketiga, Guna Widya, Jakarta.
- Jakti, F.C.K. 2013. Analisis Perbandingan Biaya dan Waktu Pelaksanaan Tiang Pancang dan Tiang Bor Studi Kasus Perencanaan Rumah Sakit Kelas B Bandung. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Indonesia. Depok.
- Mayerhof, G.G. 1976. *Bearing Capacity and Settlement of Pile Foundation*. ASCE *Journal of Geotechnical Eng. Div. Vol. 102*, No.GT3, pp.197-228
- Muluk, M. et al. 2020. Studi Perbandingan Pondasi Tiang Pancang dengan Pondasi Tiang bor (Studi Kasus: Pelaksanaan Pembangunan Pondasi Tower Grand Kamala Lagoon-Bekasi). *Jurnal Teknik Sipil ITP*. Vol. 7 No.1 Januari 2020. Padang.
- Pagehgiri, J. 2015. Analisis Penggunaan Pondasi Mini Pile Dan Pondasi Borpile Terhadap Biaya Dan Waktu Pelaksanaan Pembangunan Ruang Kelas Smpn 10 Denpasar. *Jurnal Teknik Sipil Untag Surabaya*. Vol. 8 No.1 Juli 2015. Surabaya.

- Permen PUPR . 2022. Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Bidang Umum. JDIH Kementerian PUPR.
- Sastramadja S. A. 1984. Anggaran Biaya Pelaksanaan. Jilid 1 dan 2. Nova. Bandung.
- Sembiring, C. 2019. Analisis Perbandingan Biaya Dan Waktu Pelaksanaan Pondasi Tiang pancang Dengan Tiang bor Pada Proyek Masjid Agung. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Medan Area. Medan.
- Soeharto, Iman. 1997. Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional. Erlangga. Jakarta.
- Soeharto, I. 1995. Manajemen proyek dari Konseptual sampai Operasional. Erlangga. Jakarta.
- Terzaghi, K. and Peck, R.B. 1948, 1967. *Soil Mechanics in Engineering Practice*, 2 nd. Ed. John Wiley and Sons. New York.
- Yunita, M. 2014. Produktivitas Pekerjaan Pondasi *Bored Pile* Pada Jalan Akses Cilincing-Jampea Tanjung Priok Jakarta Utara. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Syiah Kuala. Aceh.

LAMPIRAN 1

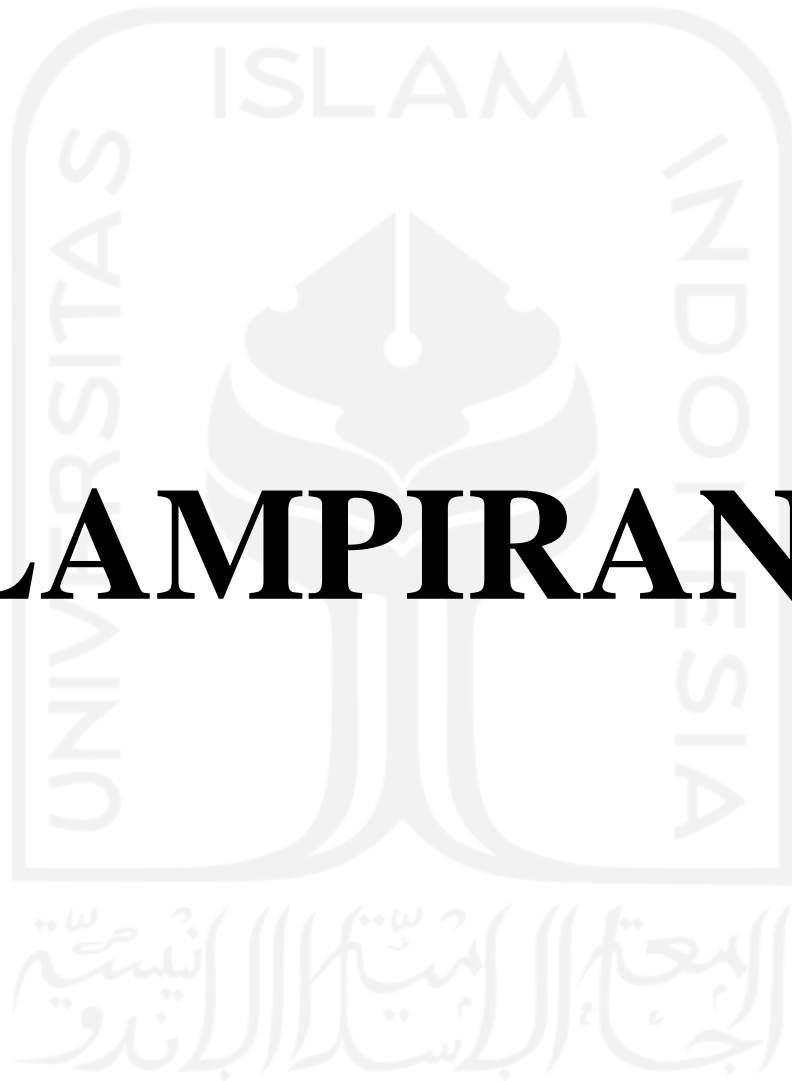


BORING LOG																			
PROJECT NAME : Jalan Tol Serang - Panimbang					LOCATION : Sta. 3 + 633														
BORE HOLE NO. : BH 11					DRILLER : Dul Khoif														
GROUND ELEVATION :					DATA STARTED : 02 - 06 - 2017														
GROUND WATER LEVEL : 1.20cm					DATA FINISHED : 04 - 06 - 2017														
					COORDINAT : X : 0618270 Y : 9317942														
Date	Depth (m)	Sampling Unit	Boring Log	Core Recovery (%)	Technich	Soil Description	STANDARD PENETRATION TEST												
							N1 (0 - 15)	N2 (15 - 30)	N3 (30 - 45)	N VALUE	10	20	30	40	50	60			
	1				1.20 m	Clay silt, very stiff, brown													
	2				1.80 m	Sandy silt, hard, greyish white	9	14	17	31									
	3				3.00 m														
	4						14	26	34	60									
	5																		
	6				6.80 m	Cemented silt, hard, greyish white	15	28	22	≥ 60									
	7																		
	8						19	37	22	≥ 60									
	9								7										
	10				9.80 m														
	11				1.70 m	Cemented silt, hard, brown	25	35	-	≥ 60									
	12				11.50 m				7										
	13				1.20 m	Silty sand, very dense, greyish white	13	19	26	45									
	14				12.70 m														
	15				4.00 m	Clay silt, hard, grey	10	17	24	41									
	16																		
	17				16.70 m		8	14	17	31									
	18				1.90 m	Clay silt, very stiff, red	7	13	16	29									
	19				18.60 m														
	20						7	12	15	27									
	21																		
	22				8.90 m	Silty clay, very stiff, light grey	8	13	15	28									
	23																		
	24						8	13	16	29									
	25																		

LEGEND		Ground Water Level	MV		Sheet 1 of 2
		Undisturbed Sample	Dr		
		Standard Penetration Test	Ch		

Gambar L-1 Data Boring Log

LAMPIRAN 2



110	1.1.7.01.01.01.008	Baja	Reng (BAJA RINGAN) SNI	m	10.400
111	1.1.7.01.01.01.008	Baja	Buntalan Baja Ukuran sesuai paving Block, baja, tebal ± 2,5 cm (Pengujian Paving Block)	bh	3.698.200
112	1.1.7.01.01.01.008	Baja	Baja Tulangan (Ulir) D48 Baja Tulangan (Ulir) D48	Kg	11.900
113	1.1.7.01.01.01.008	Baja	Baja C 200.75 C 200.75	M	88.900
114	1.1.7.01.01.01.008	Baja	Baja Pipa 3" Galvanis ty=1.8 mm	M	826.400
115	1.1.7.01.01.01.008	Baja	Baja Pipa 6" Galvanis ty=1.8 mm	M	1.296.500
116	1.1.7.01.01.01.008	Baja	Baja Pipa 8" Galvanis ty=1.8 mm	M	3.217.800
117	1.1.7.01.01.01.008	Baja	Baja Siku ukuran 40.40.4, berat kg/m1 = 1,63	M	103.300
118	1.1.7.01.01.01.008	Baja	Baja Tulangan (Ulir) D39 Baja Tulangan (Ulir) D39	Kg	10.400
119	1.1.7.01.01.01.008	Baja	Baja Siku 50x50x5 mm m 228000	m	235.600
120	1.1.7.01.01.01.008	Baja	Baja T 200.200 mm kg 20571	Kg	21.400
121	1.1.7.01.01.01.008	Baja	Baja 2L 70.70.7 mm kg 80000	Kg	82.700
122	1.1.7.01.01.01.008	Baja	Baja WF 175.350 kg 15662	Kg	16.200
123	1.1.7.01.01.01.008	Baja	Baja WF 200.400 kg 20180	Kg	20.900
124	1.1.7.01.01.01.008	Baja	Baja Pipa 6" m 1255000	m	1.296.500
125	1.1.7.01.01.01.008	Baja	Baja Pipa 8.5" m 3115000	m	3.217.800
126	1.1.7.01.01.01.008	Baja	Baja Tulangan (Polos) U24 Baja Tulangan (Polos) U24	Kg	9.300
127	1.1.7.01.01.01.008	Baja	Tiang Pancang Baja Standard	M	25.400
128	1.1.7.01.01.01.008	Baja	Baja tulangan (Ulir) D32 Baja tulangan (Ulir) D32	Kg	9.300
129	1.1.7.01.01.01.008	Baja	Baja WF SNI 175.35	Kg	41.400
130	1.1.7.01.01.01.008	Baja	Plat Baja t=6 mm	lembar	1.404.900
131	1.1.7.01.01.01.008	Baja	Baja Bergelombang Standard	Kg	13.500
132	1.1.7.01.01.01.008	Baja	Baja Tulangan (Ulir) U32 Baja Tulangan (Ulir) U32	Kg	9.300
133	1.1.7.01.01.01.011	Beton	Tiang Beton (Tiang Pancang Beton Pratekan Standard)	M3	309.900
134	1.1.7.01.01.01.012	Beton	Besi Beton Polos 8 SNI BESI BETON 8 mm Panjang 12 m	batang	55.800
135	1.1.7.01.01.01.012	Beton	Besi Beton Polos 10 SNI BESI BETON 10 mm Panjang 12 m	batang	85.800
136	1.1.7.01.01.01.012	Beton	Besi Beton Ulir 10 SNI BESI BETON 10 mm Panjang 12 m	batang	93.000
137	1.1.7.01.01.01.012	Beton	Besi Beton Polos 12 BESI BETON 12 MM . PANJANG 12 M	batang	122.300
138	1.1.7.01.01.01.012	Beton	Besi Beton ulir 13 SNI BESI BETON 13 MM . PANJANG 12 M	batang	155.000
139	1.1.7.01.01.01.012	Beton	Besi Ulir 16 mm SNI BESI BETON 16 MM . PANJANG 12 M	batang	217.000
140	1.1.7.01.01.01.012	Beton	Besi Wernesa 10 mm Besi Wernesa 10mm / Besi Wernesa M10	bh	1.208.700
141	1.1.7.01.01.01.012	Beton	Besi Beton SNI -16 mm (12m) =18,06 kg	batang	202.600
142	1.1.7.01.01.01.012	Beton	Besi Beton SNI -10 mm (12m) = 7,40 kg	batang	84.000
143	1.1.7.01.01.01.012	Beton	Besi Beton SNI -8 mm (12m) = 4,74 kg	batang	53.900
144	1.1.7.01.01.01.012	Beton	Besi Beton SNI -6 mm (12m) = 2,66 kg	batang	36.600
145	1.1.7.01.01.01.012	Beton	Besi Beton SNI	Kg	46.500
146	1.1.7.01.01.01.012	Beton	Besi Beton SNI -19 mm (12m) =26,76 kg	batang	295.500
147	1.1.7.01.01.01.012	Beton	Besi Beton SNI -13 mm (12m) =12,48 kg	batang	137.500
148	1.1.7.01.01.01.012	Beton	Besi Beton SNI -12 mm (12m) = 10,65 kg	batang	119.700
149	1.1.7.01.01.01.012	Beton	Besi Beton Polos U 24 SNI ± 8 mm	Kg	12.000
150	1.1.7.01.01.01.012	Beton	Besi Beton Polos U 24 SNI ± 10 mm	Kg	10.600
151	1.1.7.01.01.01.012	Beton	Besi Beton Polos U 24 SNI ± 12 mm	Kg	10.300
152	1.1.7.01.01.01.012	Beton	Besi Beton Ulir U 39 ± 13 mm	Kg	11.000
153	1.1.7.01.01.01.012	Beton	Besi Beton Ulir U 39 ± 16 mm	Kg	14.000
154	1.1.7.01.01.01.012	Beton	Besi Beton Ulir U 39 ± 19 mm	Kg	11.100
155	1.1.7.01.01.01.012	Beton	Besi Beton rata-rata U-24, U-32 U-24	Kg	13.500
156	1.1.7.01.01.01.012	Beton	Besi 8 Polos	Kg	8.300
157	1.1.7.01.01.01.012	Beton	Besi 12 Polos	Kg	7.800
158	1.1.7.01.01.01.015	Beton	Buis Beton 1/2 dia 30 cm 8 cm (5-250)	m	87.900
159	1.1.7.01.01.01.015	Beton	Buis Beton Ø20 cm (Belah)	bh	68.200
160	1.1.7.01.01.01.015	Beton	Buis Beton Ø30 cm	bh	113.700
161	1.1.7.01.01.01.015	Beton	Buis Beton Ø40 cm	bh	136.400
162	1.1.7.01.01.01.015	Beton	Buis Beton (1/2) 20 x 100 cm	bh	68.200
163	1.1.7.01.01.01.015	Beton	Buis Beton (1/2) 30 x 100 cm	bh	85.300
164	1.1.7.01.01.01.015	Beton	Buis Beton Ø30 cm Diam 30 cm	bh	113.700

Gambar L-2.1 SHBJ Prov. Banten Besi Tulangan

413	1.1.7.01.01.01.022	Bahan Bangunan Dan Konstruksi Lainnya	Selang Flexibel Classet 1/2", 80 cm	bh	46.500
414	1.1.7.01.01.01.022	Bahan Bangunan Dan Konstruksi Lainnya	Silinder Kanci Penuh 62 mm, superior	bh	155.000
415	1.1.7.01.01.01.022	Bahan Bangunan Dan Konstruksi Lainnya	Stop Kran Stainless uk. 1/2", ltn	bh	129.200
416	1.1.7.01.01.01.022	Bahan Bangunan Dan Konstruksi Lainnya	Paving Block K 250 tebal 8 abu-abu	M2	141.700
417	1.1.7.01.01.01.022	Bahan Bangunan Dan Konstruksi Lainnya	Kawat Ayam, ukuran lubang 2x2 cm SNI	m2	32.600
418	1.1.7.01.01.01.022	Bahan Bangunan Dan Konstruksi Lainnya	Kawat Beton SNI	Kg	20.700
419	1.1.7.01.01.01.022	Bahan Bangunan Dan Konstruksi Lainnya	Clipboard (Kagu tripleks 3 mm)	bh	36.200
420	1.1.7.01.01.01.022	Bahan Bangunan Dan Konstruksi Lainnya	Paku 4-7 cm	Kg	25.300
421	1.1.7.01.01.01.022	Bahan Bangunan Dan Konstruksi Lainnya	Paku 8-12 cm	Kg	24.800
422	1.1.7.01.01.01.022	Bahan Bangunan Dan Konstruksi Lainnya	Paku Dymabot 5 cm	bh	3.100

Gambar L-2.2 SHBJ Prov. Banten Kawat Beton

No	Kode Kelompok Barang	Uraian Barang	Spesifikasi	Satuan	Harga Akhir
		Dan Konstruksi Lainnya			
183	1.1.7.01.01.01.022	Bahan Bangunan Dan Konstruksi Lainnya	Readymix Beton K-225 K-225	m3	1.236.600
184	1.1.7.01.01.01.022	Bahan Bangunan Dan Konstruksi Lainnya	Readymix Beton K-350 K-350	m3	1.355.900
185	1.1.7.01.01.01.022	Bahan Bangunan Dan Konstruksi Lainnya	Readymix Beton K-500 K-500	m3	1.446.900
186	1.1.7.01.01.01.022	Bahan Bangunan Dan Konstruksi Lainnya	Reflektif Guard Rail Reflektif Guard Rail (Type IV)	bh	59.200
187	1.1.7.01.01.01.022	Bahan Bangunan Dan Konstruksi Lainnya	Relay MV2 + Soket, DC24V	bh	122.500
188	1.1.7.01.01.01.022	Bahan Bangunan Dan Konstruksi Lainnya	Ringa Guard Rail Ringa Guard Rail (uk. 3,0 x 45 x 75 mm)	bh	5.600
189	1.1.7.01.01.01.022	Bahan Bangunan Dan Konstruksi Lainnya	Roll kawat las 0.8 mm/15 kg	Roll	681.800
190	1.1.7.01.01.01.022	Bahan Bangunan Dan Konstruksi Lainnya	Roll kawat las 1 mm/15 kg	Roll	725.200
191	1.1.7.01.01.01.022	Bahan Bangunan Dan Konstruksi Lainnya	Roll kawat las 0.8 mm/5 kg	Roll	433.900
192	1.1.7.01.01.01.022	Bahan Bangunan Dan Konstruksi Lainnya	Roster Beton, 20 x 20 x 7 cm	bh	15.600
193	1.1.7.01.01.01.022	Bahan Bangunan Dan Konstruksi Lainnya	Roster Batu, 12 x 11,5 x 24 cm	bh	17.600
194	1.1.7.01.01.01.022	Beton	Beton K-300 Beton K-300	M3	1.627.500
195	1.1.7.01.01.01.022	Beton	Beton K-175 Beton K-175	M3	969.000
196	1.1.7.01.01.01.022	Beton	Beton K-400 Beton K-400	M3	2.453.400
197	1.1.7.01.01.01.022	Beton	Beton K 350 Beton K 350	M3	2.375.900
198	1.1.7.01.01.01.022	Beton	Beton K-500 Beton K-500	M3	2.529.900

Gambar L-2.3 SHBJ Prov. Banten Readymix

No	Kode Kelompok Barang	Uraian Barang	Spesifikasi	Satuan	Harga Akhir
784	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Pile Driver + Hammer HP 25, Kapasitas 2,5 Ton	Unit/Jam	324.100
785	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Rock Drill Breaker HP 3	Unit/Jam	341.600
786	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Slip Form Paver Hp 105, Kapasitas 2,5 M	Unit/Jam	654.200
787	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Stone Crusher HP 220, Kapasitas 50 T/Perjam	Unit/Jam	1.001.400
788	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Tamper HP 4,7, Kapasitas 121 Ton	Unit/Jam	48.300
789	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Tandem Roller 6-8 T HP 82, Kapasitas 8,1 Ton	Unit/Jam	267.900
790	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Three Wheel Roller 6-8 T HP 55, Kapasitas 8 Ton	Unit/Jam	258.200
791	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Tire Roller 8-10 T HP 100,5, Kapasitas 9 Ton	Unit/Jam	295.100
792	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Track Loader 75-100 HP HP 70, Kapasitas 0,8 M3	Unit/Jam	481.200
793	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Trailer 20 Ton HP175, Kapasitas 20 Ton	Unit/Jam	641.900
794	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Tronton HP 150, Kapasitas 15 Ton	Unit/Jam	679.700
795	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Truk Mixer (Agitator) HP 220, Kapasitas 6 M3	Unit/Jam	552.300
796	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Hot Recycler HP 400, Kapasitas 3 M	Unit/Jam	10.048.700
797	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Pulvi Mixer HP 345, Kapasitas 2005/2005	Unit/Jam	1.927.700
798	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Flat Bed Truck 3-4 M3 HP 190, Kapasitas 10 Ton	Unit/Jam	606.800
799	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	HP 200, Kapasitas 75 Ton HP 200, Kapasitas 75 Ton	Unit/Jam	396.900
800	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Vibrating 10 - 22 Ton	Unit/Jam	37.800
801	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Vibrating Rammer HP 4,2, Kapasitas 80 KG	Unit/Jam	37.800
802	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Vibratory Roller 5-8 T HP 82, Kapasitas 7,05 Ton	Unit/Jam	344.200
803	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Wheel Loader 1.0-1.6 M3 HP 96, Kapasitas 1,5 M3	Unit/Jam	321.400
804	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Crane On Track 35 Ton HP 125, Kapasitas 35 Ton	Unit/Jam	550.600
805	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Crane 10-15 Ton HP 138, Kapasitas 50 Ton	Unit/Jam	791.200
806	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Concrete Vibrator HP 5,5, Kapasitas 25/25	Unit/Jam	43.100
807	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Concrete Pump Long Boom Long Boom 28 m	Unit/Jam	318.800
808	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Concrete Pump Hp 100, Kapasitas 8 M3	Unit/Jam	321.400
809	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Concrete Pump 8. 00m3	Unit/Jam	321.400
810	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Concrete Pan Mixer HP 134, Kapasitas 1000 Liter	Unit/Jam	806.100
811	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Concrete Mixer 0.3-0.6 M3 HP 20, Kapasitas 500 Liter	Unit/Jam	113.300
812	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Concrete Mixer (350) HP 20, Kapasitas 350 Liter	Unit/Jam	91.400
813	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Concrete Breaker HP 290, Kapasitas 20 M3/Jam	Unit/Jam	1.071.300
814	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Compressor 4000-6500 L\AM HP 60, Kapasitas 5000 Liter	Unit/Jam	214.300
815	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Cold Recycler HP 900, Kapasitas 2,2 M	Unit/Jam	7.675.100
816	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Cold Milling HP 248, Kapasitas 1000 M	Unit/Jam	2.028.300
817	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Cement Tanker HP 190, Kapasitas 4000 Liter	Unit/Jam	656.800
818	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Bore Pile Machine HP 125, Kapasitas 60 CM	Unit/Jam	321.400
819	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Bore Pile Machine Hp 150, Kapasitas 2000 m	Unit/Jam	987.000
820	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Aggregat (Chip) Spreader Hp 115, Kapasitas 3,5 M	Unit/Jam	661.200
821	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Asphalt Tanker HP 190, Kapasitas 4000 Liter	Unit/Jam	707.800
822	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Asphalt Sprayer HP 4, Kapasitas 850 Liter/Asphalt Sprayer	Unit/Jam	66.800
823	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Asphalt Mixing Plant HP 294, Kapasitas 60 T/Jam	Unit/Jam	8.263.400
824	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Asphalt Liquid Mixer HP 40, Kapasitas 20000 Liter	Unit/Jam	101.900
825	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Dump Truck 10 Ton HP 120, Kapasitas 10 Ton	Unit/Jam	628.700
826	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Dump Truck 8 Ton HP 100, Kapasitas 8 Ton	Unit/Jam	463.700
827	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Asphalt Distributor HP 115, Kapasitas 4000 Liter	Unit/Jam	453.100
828	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Asphalt Finisher HP 72,4, Kapasitas 10 Ton	Unit/Jam	1.094.100
829	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Asphalt Liquid Mixer HP 5, Kapasitas 1000 Liter	Unit/Jam	40.400

Gambar L-2.4 SHBJ Prov. Banten Sewa Alat Berat

(Termasuk Sopir & BBM) (1)					
775	9.1.2.09.01.01.001	Alat Berat Lainnya	Excavator 80-140 HP (HP 133, Kapasitas 0,93 M3)	Unit/Jam	567.300
776	9.1.2.09.02.01.001	Alat Berat Lainnya	Bulldozer 100-150 HP (HP 155)	Unit/Jam	768.300
777	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Blending Equipment HP 50, Kapasitas 30 Ton	Unit/Jam	141.400
778	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Sewa Mesin Molen Mixer Beton Sewa Mesin Molen Mixer Beton (Kapasitas 500 Liter diesel Yanmar)	hari	395.200
779	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Sewa Mesin Vibrator Beton Sewa Mesin Vibrator Beton (Honda GP160 Komplit Selang)	hari	351.300
780	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Sewa Cuting Besi Manual (muller model 60N/22)	hari	263.500
781	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Jack Hammer (HP 0, Kapasitas 1330/1330)	Unit/Jam	39.600
782	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Motor Grader >100 HP (HP 135, Kapasitas 10800/10800)	Unit/Jam	761.300
783	9.1.2.09.03.01.001	Alat Berat Lainnya	Pedestrian Roller HP 8,8 , Kapasitas 835 Ton	Unit/Jam	96.600

Gambar L-2.5 SHBJ Prov. Banten Sewa Vibrator Beton

No	Kode Kelompok Barang	Uraian Barang	Spesifikasi	Satuan	Harga Satuan Tahun 2022
1	2	3	4	5	6
897	1.1.7.01.01.01.022	Bahan Bangunan Dan Konstruksi Lainnya	Unit Pracetak Gelagar I, Bentang 35 m	Unit	273.871.100
898	1.1.7.01.01.01.022	Bahan Bangunan Dan Konstruksi Lainnya	Unit Pracetak Gelagar I, Bentang 40 m	Unit	316.005.100
899	1.1.7.01.01.01.022	Bahan Bangunan Dan Konstruksi Lainnya	Unit Pracetak Gelagar I, Bentang 45 m	Unit	418.999.300
900	1.1.7.01.01.01.022	Bahan Bangunan Dan Konstruksi Lainnya	Unit Pracetak Gelagar I, Bentang 50 m	Unit	471.666.800
901	1.1.7.01.01.01.022	Bahan Bangunan Dan Konstruksi Lainnya	Unit VOIDED SLAB BENTANG 12,6 m	Unit	66.712.200
902	1.1.7.01.01.01.022	Bahan Bangunan Dan Konstruksi Lainnya	Unit VOIDED SLAB BENTANG 14,8 m	Unit	84.268.100
903	1.1.7.01.01.01.022	Bahan Bangunan Dan Konstruksi Lainnya	ASPHALTIC PLUG Kg	Kg	47.500
904	1.1.7.01.01.01.022	Bahan Bangunan Dan Konstruksi Lainnya	Kawat Bronjong SNI tebal 2,7 mm	bh	298.600
905	1.1.7.01.01.01.022	Bahan Bangunan Dan Konstruksi Lainnya	Kawat Bronjong SNI tebal 3.0 mm	bh	374.600
906	1.1.7.01.01.01.022	Bahan Bangunan Dan Konstruksi Lainnya	PC Spun Dia 300 Kelas C	m	455.400
907	1.1.7.01.01.01.022	Bahan Bangunan Dan Konstruksi Lainnya	PC Spun Dia 350 Kelas C	m	573.600
908	1.1.7.01.01.01.022	Bahan Bangunan Dan Konstruksi Lainnya	PC Spun Dia 400 Kelas C	m	752.700
909	1.1.7.01.01.01.022	Bahan Bangunan Dan Konstruksi Lainnya	PC Spun Dia 450 Kelas C	m	922.400
910	1.1.7.01.01.01.022	Bahan Bangunan Dan Konstruksi Lainnya	PC Spun Dia 500 Kelas C	m	1.142.400
911	1.1.7.01.01.01.022	Bahan Bangunan Dan Konstruksi Lainnya	PC Spun Dia 600 Kelas C	m	1.380.000

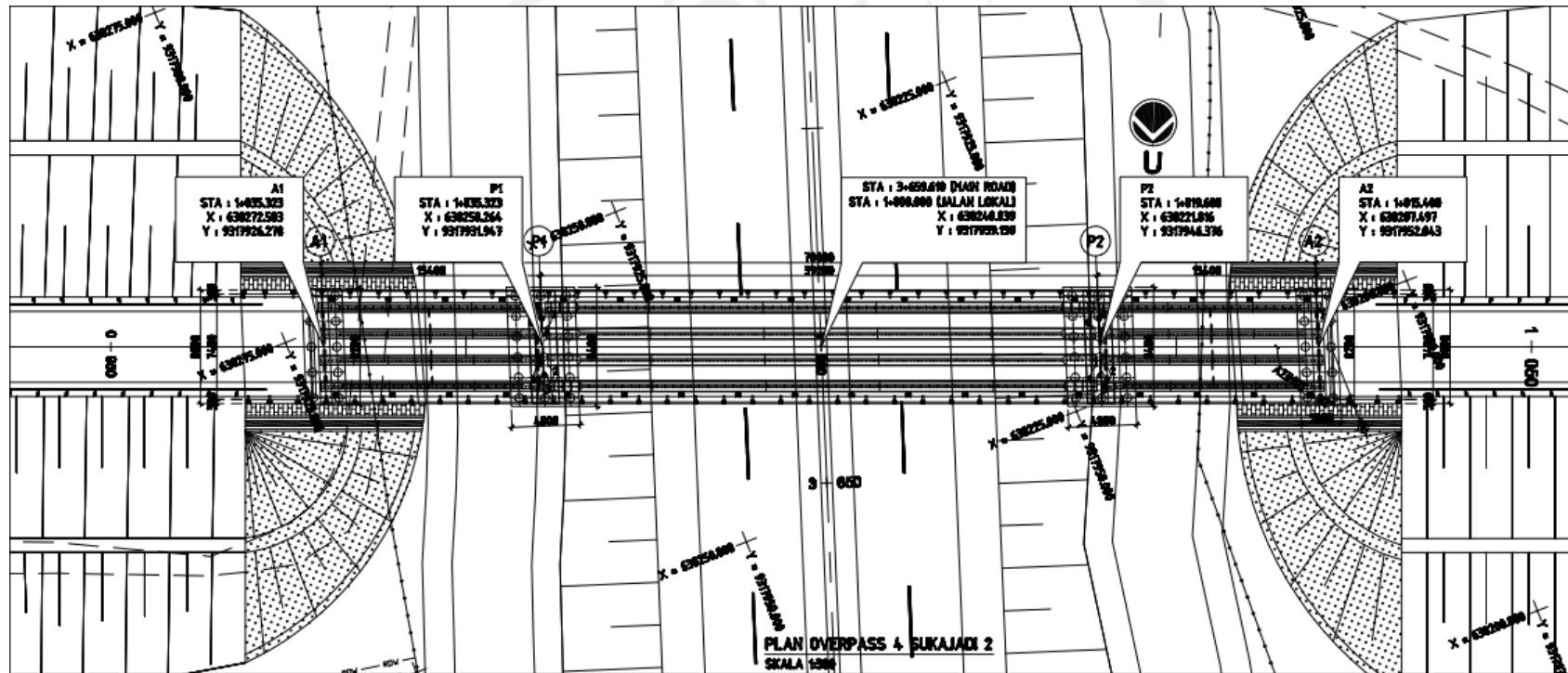
Gambar L-2.6 SHBJ Prov. Banten Sewa Tiang Pancang

No	Kode Kelompok Barang	Uraian Barang	Spesifikasi	Satuan	Harga Akhir
1769	9.1.2.26.01.02.002	Upah	Satgas RISHA orang	OH	178.200
1770	9.1.2.26.01.02.002	Upah	Tulang Cat/kayu/Besi orang	OH	170.500
1771	9.1.2.26.01.02.002	Upah	Kepala Tukang orang	OH	178.200
1772	9.1.2.26.01.02.002	Upah	Mandor orang	OH	193.700
1773	9.1.2.26.01.02.002	Upah	Pekerja/Kenek orang	OH	155.000
1774	9.1.2.26.01.02.002	Upah	Tugas Tenaga Ahli		

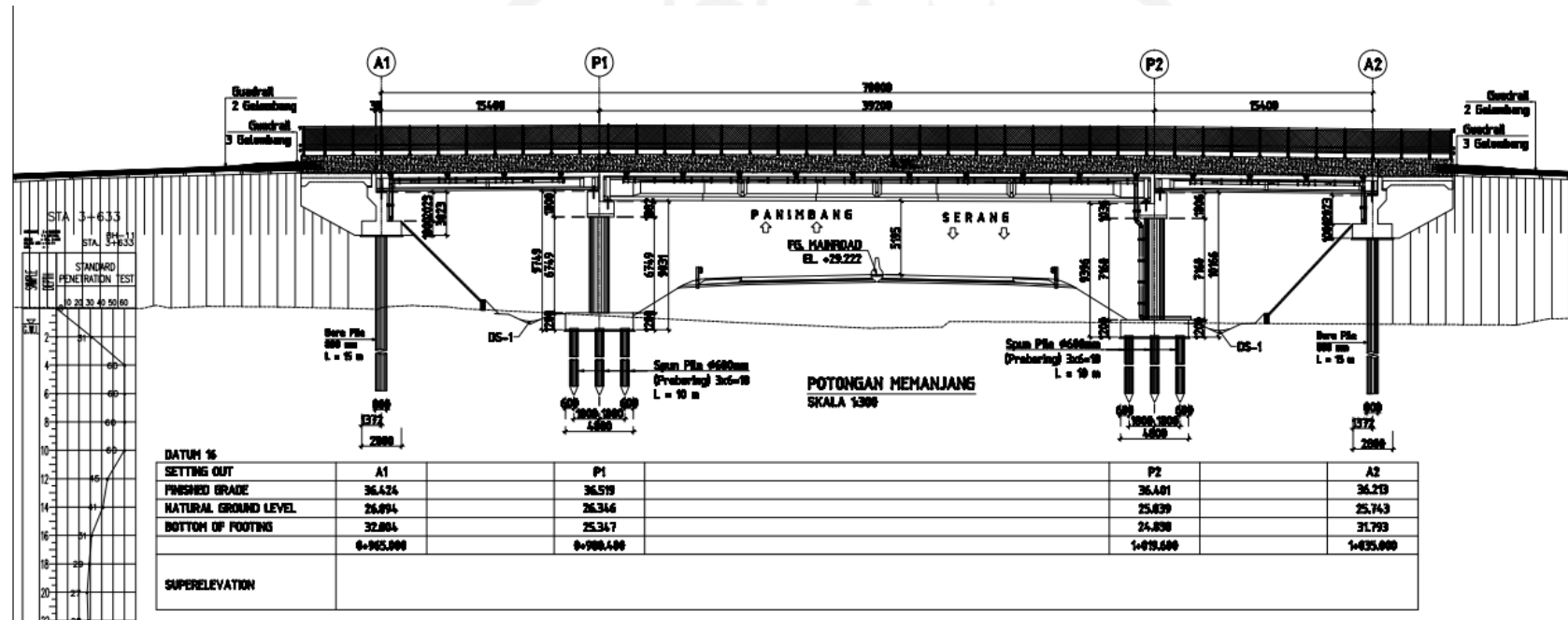
Gambar L-2.7 SHBJ Prov. Banten Upah Tenaga Kerja



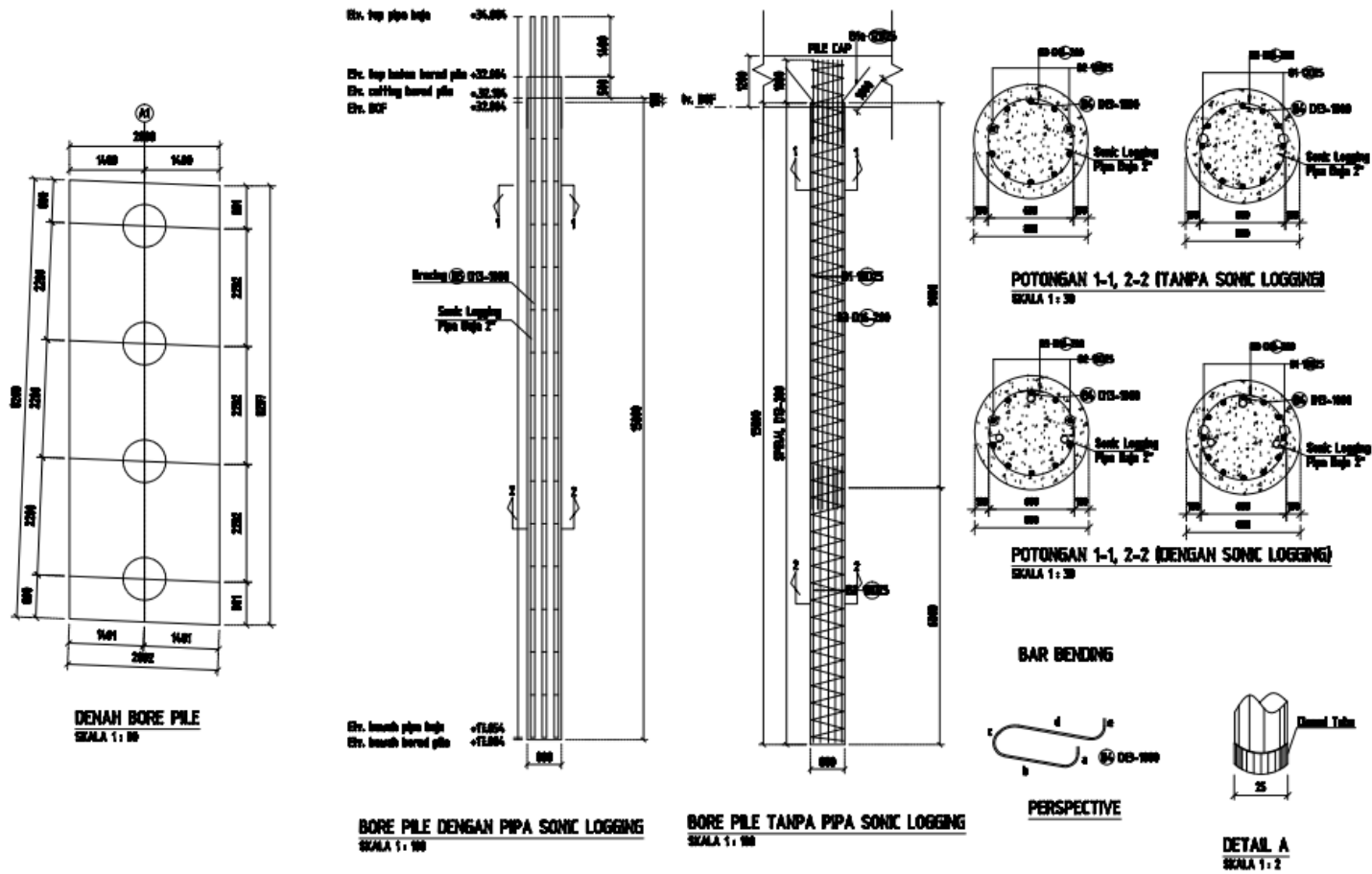
LAMPIRAN 3



Gambar L-3.1 Denah Over Pass



Gambar L-3.2 Penampang Memanjang *Over Pass*



Gambar L-3.3 Gambar Kerja Penulangan Tiang bor