

**TUGAS AKHIR**

**EVALUASI METODE PEKERJAAN PONDASI PADA  
BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT  
(*EVALUATION OF FOUNDATION WORK METHODS  
AT BUILDINGS*)**

(Studi Kasus Gedung Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia Yogyakarta)

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



**Alfandy Dwi Yulistyan  
17511215**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
PROGRAM SARJANA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
2022**

## TUGAS AKHIR

# EVALUASI METODE PEKERJAAN PONDASI PADA BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT (*EVALUATION OF FOUNDATION WORK METHODS AT BUILDINGS*)

(Studi Kasus Gedung Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia Yogyakarta)

Disusun oleh

**Alfandy Dwi Yulistyawan**  
**17511215**

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

Diuji pada tanggal 7 Februari 2022

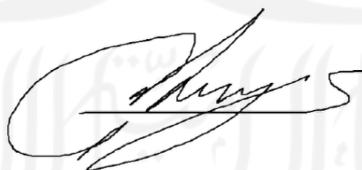
Oleh Dewan Penguji

**Pembimbing**



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

**Penguji I**



**Adityawan Sigit, S.T.,M.T.**  
**NIK: 155110108**

**Penguji II**



**Anggit Mas Arifudin, S.T.,M.T.**  
**NIK: 185111304**

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



  
**Sri Amni Yuni Astuti, M.T.**  
**NIK: 885110101**

## 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 perundangundangan yang berlaku.

Yogyakarta, 27 Januari 2022  
Yang membuat pernyataan,


Alfandy Dwi Yulistyawan

(17511215)

## DEDIKASI

Tugas Akhir ini saya dedikasikan untuk kedua orang tua saya  
Bapak Yudi dan Ibu Lilis Purwanti yang telah memberikan segalanya  
Untuk kehidupan saya dan membantu mendoakan saya

Terima kasih

الجمهورية الإسلامية اندونيسية

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, berkat rahmat dan berkah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul Evaluasi Metode Pekerjaan Pondasi Pada Bangunan Gedung Bertingkat (Studi Kasus gedung Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia). Tugas Akhir ini diselesaikan sebagai 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 dan pekerjaan Tugas Akhir ini banyak halangan dan rintangan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, masukan, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, syukur Alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan tepat waktu. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan banyak terimakasih sedalam-dalamnya kepada:

1. Ibu Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, terimakasih atas dampingan, nasehat dan dukungan yang diberikan kepada penulis selama proses penyelesaian Proposal dan Tugas Akhir.
2. Bapak Adityawan Sigit, S.T.,M.T., selaku Dosen Penguji 1.
3. Bapak Anggit Mas Arifudin, S.T.,M.T., selaku Dosen Penguji 2.
4. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T. selaku Ketua Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
5. Teman seperjuangan penulis dari angkatan 2017 yang tidak bisa penulis sebutkan satu-satu yang telah senantiasa menemani penulis dalam senang maupun duka sehingga penulis mampu bertahan dan menyelesaikan studi di Universitas Islam Indonesia.
6. Pihak-pihak lain yang turut berkontribusi dalam penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Tugas akhir ini masih sangat jauh dari kata sempurna, karena keterbatasan pengetahuan dan pengalaman. Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membaca dan mencari referensi dalam penelitian ini.



Yogyakarta, 27 Januari 2022  
Penulis,

Alfandy Dwi Yulistyan  
(17511215)

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
LEMBAR DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xv
ABSTRAKSI	xvii
<i>ABSTRACT</i>	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pendahuluan	4

2.2 Penelitian Terdahulu	4
2.3 Perbedaan dengan Penelitian yang Pernah Ada	6
<b>BAB III LANDASAN TEORI</b>	<b>11</b>
3.1 Landasan Teori	11
3.2 Manajemen	12
3.3 Proyek Konstruksi	13
3.4 Manajemen Proyek	13
3.5 Tanah	15
3.6 Penyelidikan Tanah	15
3.7 Pondasi	16
3.8 Pondasi Tiang Pancang	18
3.8.1 Pondasi Tiang Pancang Beton	19
3.8.2 Pondasi Franki Pile	22
3.8.3 Metode Pelaksanaan Pondasi Tiang Pancang	23
3.9 Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Pancang	23
3.9.1 Kapasitas Dukung Tiang Tunggal Data Uji <i>Cone Penetration Test</i>	24
3.9.2 Kapasitas Dukung Tiang Tunggal Data Uji <i>Standard Penetration Test</i>	25
3.9.3 Kapasitas Dukung Kelompok Tiang	27
3.9.4 Penurunan Pondasi	29
3.9.4 Susunan Kelompok Tiang	34
3.10 Produktifitas Pekerjaan	35

3.10.1 Durasi Pekerjaan	37
3.11 Rencana Anggaran Biaya	38
3.12 Biaya Proyek	39
3.12.1 Biaya Langsung ( <i>Direct Cost</i> )	39
3.12.2 Biaya Tidak Langsung ( <i>Indirect Cost</i> )	41
<b>BAB IV METODE PENELITIAN</b>	<b>42</b>
4.1 Definisi	42
4.2 Subjek dan Objek Penelitian	42
4.3 Proses Penelitian	43
4.3.1 Tahap Pengumpulan Data	43
4.3.2 Metode Pengumpulan Data	44
4.3.3 Perancangan Pondasi	45
4.3.4 Analisis Pembebanan	45
4.3.5 Perbandingan dengan Pondasi <i>Existing</i>	45
4.4 Bagan Alir Penelitian	46
<b>BAB 5 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	<b>49</b>
5.1 Data Gedung	49
5.1.1 Data Umum	49
5.1.2 Spesifikasi Material	49
5.1.3 Denah Konstruksi	50
5.1.4 Data Struktur	50
5.2 Pembebanan	51

5.2.1 Pembebanan Struktur	51
5.2.2 Peraturan pembebanan	52
5.2.3 Kombinasi Pembebanan	53
5.3 Data Karakteristik Tanah	53
5.4 Desain Pondasi Tiang Pancang	56
5.4.1 Kapasitas Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Hasil Uji SPT	58
5.5 Metode Pelaksanaan Pekerjaan Pondasi	86
5.5.1 Tahapan Pekerjaan Pondasi <i>Bore Pile (Existing)</i>	86
5.5.2 Tahapan Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang	90
5.5.3 Analisa Produktivitas dan Durasi Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang	93
5.5.4 Analisa Biaya Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang	97
5.6 Pembahasan	99
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN	103
6.1 Kesimpulan	103
6.2 Saran	104
DAFTAR PUSTAKA	105
LAMPIRAN	107

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Sekarang	8
Tabel 3.1 Perkiraan Modulus Elastisitas Tanah	31
Tabel 3.2 Nilai Indeks Kompresi	33
Tabel 3.3 Nilai Angka Pori	33
Tabel 5.1 Beban Mati pada Lantai	52
Tabel 5.2 Hasil Pemboran di Titik Bor BM-1	55
Tabel 5.3 Data Hasil Pengujian <i>Standard Penetration Test</i> (SPT)	55
Tabel 5.4 Rekapitulasi <i>Output</i> Pembebanan ETABS	57
Tabel 5.5 Rekapitulasi Jumlah Tiang Pancang Diameter 0,6 m	86
Tabel 5.6 Perhitungan Biaya Pekerjaan Pondasi Metode Tiang Pancang	99
Tabel 5.7 Rekapitulasi Waktu dan Biaya Pelaksanaan Metode	100
Tabel 5.8 Perbandingan Jumlah Tiang Pondasi	101
Tabel 5.9 Perbandingan Pelaksanaan Metode	101

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Tiga Kendala Proyek Konstruksi (Triple Constraint)	14
Gambar 3.2 Skema Uji Standard Penetration Test	16
Gambar 3.3 Tiang Pancang Segiempat ( <i>squarepile</i> )	20
Gambar 3.4 Tiang Pancang Segitiga ( <i>triangularpile</i> )	20
Gambar 3.5 Tiang Pancang Lingkaran Pejal	21
Gambar 3.6 Tiang Pancang Lingkaran ( <i>spun pile</i> )	21
Gambar 3.7 Pelaksanaan Frankie Pile	22
Gambar 3.8 Daya Dukung Ultimit Pondasi	25
Gambar 3.9 Nilai N-SPT yang Digunakan untuk Desain Tahanan Ujung	26
Gambar 3.10 Grafik Nilai $q_p$ Data NSPT	27
Gambar 3.11 Grafik Faktor Terkoreksi	31
Gambar 3.12 Penurunan Tiang dengan Metode Penyebaran 2:1	32
Gambar 3.13 Susunan Kelompok Tiang	34
Gambar 4.1 Denah Lokasi Rumah Sakit Akademik Universitas Islam Indonesia	43
Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian	47
Gambar 4.3 Bagan Perancangan Pondasi	48
Gambar 5.1 Denah Gedung Rumah Sakit UII	50
Gambar 5.2 Permodelan Pembebanan Struktur Menggunakan Etabs	56
Gambar 5.3 Titik Peletakan Pondasi	56
Gambar 5.4 Desain Pondasi Tiang Pancang	57

Gambar 5.5 Letak N1 dan N2 pada Tiang Diameter 0,6m Tipe F1	58
Gambar 5.6 Grafik Nilai qp Data NSPT	59
Gambar 5.7 Susunan Tiang Pancang Tipe F1	61
Gambar 5.8 Letak N1 dan N2 pada Tiang Diameter 0,6m Tipe F2	62
Gambar 5.9 Susunan Tiang Pancang Tipe F2	64
Gambar 5.10 Letak N1 dan N2 pada Tiang Diameter 0,6m Tipe F3	65
Gambar 5.11 Susunan Tiang Pancang Tipe F3	67
Gambar 5.12 Letak N1 dan N2 pada Tiang Diameter 0,6m Tipe F4	68
Gambar 5.13 Susunan Tiang Pancang Tipe F4	70
Gambar 5.14 Letak N1 dan N2 pada Tiang Diameter 0,6m Tipe F5	71
Gambar 5.15 Susunan Tiang Pancang Tipe F5	73
Gambar 5.16 Letak N1 dan N2 pada Tiang Diameter 0,6m Tipe F6	74
Gambar 5.17 Susunan Tiang Pancang Tipe F6	76
Gambar 5.18 Letak N1 dan N2 pada Tiang Diameter 0,6m Tipe F7	77
Gambar 5.19 Susunan Tiang Pancang Tipe F7	79
Gambar 5.20 Letak N1 dan N2 pada Tiang Diameter 0,6m Tipe F8	80
Gambar 5.21 Susunan Tiang Pancang Tipe F8	82
Gambar 5.22 Letak N1 dan N2 pada Tiang Diameter 0,6m Tipe F13	83
Gambar 5.23 Susunan Tiang Pancang Tipe F13	85
Gambar 5.24 Flowchart Pekerjaan Pondasi <i>Bore Pile</i>	87
Gambar 5.25 Flowchart Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang	91

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I Gambar Alat dan Bahan Material	108
Lampiran 2 Data Proyek Rumah Sakit UII	123
Lampiran 3 Hasil Wawancara dengan Narasumber	129
Lampiran 4 Surat Izin Penelitian	133
Lampiran 5 Peraturan yang Berkaitan	135



## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

$\Delta H$	=	Tebal lapisan
$\Delta p$	=	Tegangan efektif tanah pada lapisan
$A_p$	=	Luas penampang tiang
$a_s$	=	Nilai faktor empiric tipe tanah
$A_s$	=	Luas selimut tiang
$C_c$	=	Indeks kompresi
$C_u$	=	Kohesi <i>Undrained</i>
$D$	=	Diameter tiang
$E_g$	=	Efisiensi kelompok tiang
$e_o$	=	Angka pori
$E_p$	=	Modulus elastisitas tiang
$f$	=	Satuan tahanan kulit persatuan luas
$F_a$	=	Koefisien situs untuk periode pendek
$F_b$	=	Faktor empirik tahanan tiang tergantung pada tipe tiang
$F_s$	=	Faktor empirik tahanan kulit yang tergantung pada tipe tanah
$F_v$	=	Koefisien situs untuk perioda Panjang
$JHL$	=	Jumlah hambatan lekat dari data CPT
$K$	=	Keliling tiang
$K$	=	Koefisien yang tergantung dari jenis tanah
$L$	=	Panjang tiang
$m$	=	Jumlah baris tiang
$n$	=	Jumlah tiang
$n'$	=	Jumlah tiang dalam satu baris
$N_b$	=	Nilai SPT rata-rata pada elevasi tiang pancang
$N_p$	=	Nilai rata-rata SPT mulai 4D di bawah ujung tiang sampai 4D di atas tiang
$N_s$	=	Nilai SPT rata-rata pada lapisan tanah sepanjang tiang yang ditinjau

P	= Keliling pondasi
s	= Jarak pusat ke pusat tiang
S	= Penurunan total di kepala tiang
S <sub>ds</sub>	= Parameter percepatan spektrum respon desain dalam rentang periode pendek
S <sub>ms</sub>	= Parameter spektrum respon percepatan pada getaran periode pendek
SF	= <i>Safety factor</i>
S <sub>pg</sub>	= Penurunan kelompok tiang
UII	= Universitas Islam Indonesia
Q <sub>ijin</sub>	= Kapasitas dukung ijin
q <sub>b</sub>	= Kapasitas daya dukung di ujung tiang persatuan luas
q <sub>c</sub>	= Tahanan ujung sondir
q <sub>ca</sub>	= Perlawanan konus rata-rata 1,5 D diatas ujung tiang dan bawah tiang
Q <sub>g</sub>	= Beban maksimum kelompok tiang
Q <sub>p</sub>	= Kapasitas dukung ujung tiang
Q <sub>s</sub>	= Kapasitas dukung selimut tiang
Q <sub>u</sub>	= kapasitas daya dukung tiang tunggal

## ABSTRAK

Perkembangan proyek konstruksi di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan yang signifikan. Saat ini sedang dilaksanakan pembangunan infrastruktur dalam segala aspek pembangunan. Seperti pembangunan bendungan, jalan tol, gedung bertingkat maupun sarana infrastruktur yang lain. Salah satu kota yang sedang mengalami pembangunan skala besar yaitu kota Yogyakarta. Salah satunya terdapat pembangunan gedung rumah sakit akademik Universitas Islam Indonesia yang bertujuan guna meningkatkan kualitas mutu pendidikan.

Penelitian ini membandingkan antara metode bore pile dengan metode tiang pancang pada pekerjaan pondasi di Pembangunan Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia setelah dilakukan redesain pondasi semula diameter 0,8 m menjadi diameter 0,6 m. berdasarkan hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa biaya yang diperlukan untuk metode bore pile sebesar Rp. Rp. 4.012.401.948 dengan durasi pekerjaan 132 hari dan untuk metode tiang pancang diperlukan biaya Rp 3.230.620.832 dengan durasi 171 hari.

Persentase perbedaan yang diperoleh adalah pekerjaan pondasi menggunakan metode tiang pancang lebih lama 29,54% dibandingkan dengan metode bore pile. Sedangkan berdasarkan segi biaya diperoleh metode tiang pancang lebih murah 19,48% dibandingkan dengan metode bore pile. Sehingga didapatkan pekerjaan tiang pancang lebih efisien berdasarkan biaya pekerjaan namun, metode bore pile lebih efektif berdasarkan durasi pekerjaan.

**Kata Kunci** : Pondasi, *Bore Pile*, Tiang Pancang, Efektifitas waktu, Efisiensi Biaya



## **ABSTRACT**

*Construction development in Indonesia has been increasing significantly over the years. Nowadays, new infrastructures in every section are under construction. The constructed infrastructures vary, such as dams, highways, skyscrapers, and other infrastructures. Yogyakarta is one of the cities that has undergone construction intensely. Islamic University of Indonesia Academic Hospital is one of those infrastructures built to improve the quality of education.*

*This research compares the methods of the piled and bored pile in the hospital after the foundation was redesigned from 0,8 meters to 0,6 meters diameter. Based on this research, the bored pile method costs Rp. 4.012.401.948 with a total of 132 workdays and Rp 3.230.620.832 for the piled method with a total of 171 workdays.*

*The research yielded the difference in construction time with percentage, in which the piled method took a 29,54 % longer duration compared to the bored pile duration. Meanwhile, the piled method costs 19,48 % lower than the bored pile method. Therefore, this research finds that the piled method is more efficient economically, while the bored pile method has a shorter and more efficient time.*

**Keywords:** *Foundation, Bore Pile, Pile, Time Efficiency, Time Efficiency, Cost Efficiency*



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

“Proyek konstruksi merupakan rangkaian pekerjaan proyek pembangunan fisik untuk menghasilkan suatu bangunan yang tidak hanya berupa infrastruktur untuk publik seperti jalan, jembatan waduk, jaringan irigasi dan lain sebagainya, namun juga meliputi bangunan fasilitas milik perorangan dan swasta seperti halnya perumahan, pertokoan, pabrik, kantor dan sebagainya” (Pastiarsa, 2015). Kebutuhan terkait proyek konstruksi dalam masyarakat mengalami peningkatan seiring dengan pertumbuhan ekonomi. Pengelolaan proyek konstruksi yang sesuai dalam pembangunan sudah semestinya harus mengalami peningkatan untuk mencapai hasil yang sesuai direncanakan.

Perkembangan terkait proyek konstruksi di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan yang signifikan. Saat ini sedang dilaksanakan pembangunan infrastruktur dalam segala aspek pembangunan. Seperti contoh pembangunan bendungan, jalan tol, gedung bertingkat maupun sarana infrastruktur yang lain. Salah satu yang sedang mengalami pembangunan skala besar yaitu kota Yogyakarta. Selain pembangunan proyek infrastruktur, terdapat pembangunan gedung rumah sakit akademik Universitas Islam Indonesia yang bertujuan guna meningkatkan kualitas mutu pendidikan.

Pekerjaan pondasi merupakan salah satu pekerjaan yang paling penting dalam suatu pembangunan konstruksi, karena pondasi memiliki fungsi memikul dan menahan semua beban yang bekerja di atasnya yaitu beban struktur atas, kemudian tegangan-tegangan yang terjadi akibat beban struktur atas tersebut akan disalurkan ke dalam lapisan tanah keras yang dapat memikul beban konstruksi tersebut. Pekerjaan pondasi memiliki nilai biaya yang tinggi dalam proses pekerjaannya. Membangun gedung bertingkat dengan biaya yang murah dan hasil yang maksimal tidaklah mudah dilaksanakan.

Proyek pembangunan gedung rumah sakit akademik Universitas Islam Indonesia berlokasi di jalan srandakan, Bantul, Yogyakarta. Karakteristik jenis tanah yang diketahui berdasarkan pengujian berupa tanah berpasir sedang hingga kasar. Pada kedalaman 8 hingga 22 meter berupa tanah lanau dan lempung, sedangkan untuk lapisan bawahnya berupa lapisan pasir berkerikil disertai sisipan *boulder*. Setelah dilakukan pengeboran pada lokasi pekerjaan didapatkan bahwa elevasi muka air relatif tinggi. Struktur pondasi yang diterapkan pada pembangunan gedung rumah sakit akademik Universitas Islam Indonesia merupakan pondasi *bore pile*.

Jenis pondasi pada suatu bangunan dibedakan menjadi dua macam yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pada umumnya bangunan gedung bertingkat menggunakan pondasi dalam. Pondasi dalam memiliki beberapa jenis diantaranya pondasi *bore pile*, pondasi rakit, pondasi tiang pancang, pondasi telapak, dan pondasi menerus. Penggunaan jenis pondasi pada suatu bangunan berdasarkan karakteristik tanah dan fungsi dari bangunan itu sendiri. Berdasarkan uraian diatas, dengan karakteristik tanah yang berpasir dan elevasi muka air yang tinggi ingin dilakukan evaluasi pekerjaan pondasi *bore pile* bila dibandingkan dengan pondasi tiang pancang.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan dengan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka terdapat rumusan masalah dalam penelitian adalah sebagai berikut :

Bagaimana efektifitas dan efisiensi pekerjaan pondasi *bore pile* apabila dibandingkan dengan pondasi tiang pancang pada gedung rumah sakit Universitas Islam Indonesia?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

Mengetahui efektifitas dan efisiensi pekerjaan pondasi *bore pile* apabila dibandingkan dengan pondasi tiang pancang pada gedung rumah sakit Universitas Islam Indonesia.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menambah pengetahuan tentang metode bored pile dan tiang pancang pada pekerjaan proyek yang efektif dan efisien.
2. Menjembatani penelitian-penelitian terdahulu sebagai bahan masukan dalam bidang manajemen konstruksi yang dapat dijadikan inovasi pada perkembangan proyek konstruksi di Indonesia.
3. Dapat dijadikan bahan referensi pembaca untuk menentukan jenis pondasi pada gedung bertingkat.

#### **1.5 Batasan Penelitian**

Batasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian adalah Gedung rumah sakit akademik universitas islam Indonesia.
2. Penelitian ini berfokus pada tahap pekerjaan pondasi Gedung rumah sakit Universitas Islam Indonesia.
3. Pekerjaan pondasi yang dievaluasi merupakan pekerjaan pondasi jenis *bore pile*.
4. Jenis pondasi yang dibandingkan merupakan jenis pondasi tiang pancang.
5. Parameter efektifitas ditentukan berdasarkan durasi pekerjaan yang lebih cepat.
6. Parameter efisiensi ditentukan berdasarkan biaya pekerjaan yang lebih murah.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pendahuluan**

Bab sebelumnya telah dijelaskan pendahuluan yang berisi latar belakang dilakukan penelitian. Pada Bab II akan dijelaskan mengenai tinjauan pustaka. Tinjauan pustaka merupakan “sebuah kegiatan yang meliputi mencari, membaca, menelaah laporan-laporan penelitian dan bahan pustaka yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan pada sebelumnya di atas rencana penelitian” Meliansyah (2015). Tinjauan pustaka dilakukan untuk mendapatkan acuan dalam melakukan penelitian. Penelitian dengan topik perencanaan ulang pada pekerjaan pondasi telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya, berdasarkan dengan hal tersebut maka akan diuraikan perbedaan penelitian yang dilakukan dengan penelitian sebelumnya.

#### **2.2 Penelitian Terdahulu**

1. Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Gedung Rusunawa Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

Setiyono (2012) melakukan penelitian dengan judul “Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Gedung Rusunawa Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur”. Pada penelitian tersebut menggunakan metode Bagemann dengan melakukan variasi pada bentuk dan diameter tiang pancang. Penelitian tersebut bertujuan untuk mendapatkan desain dan daya dukung yang optimal pada saat dilakukan renovasi gedung menggunakan variasi pondasi tiang pancang. Analisa dilakukan dengan tiga jenis variasi tiang bentuk persegi, bentuk lingkaran, dan bentuk segienam. Berdasarkan hasil analisa didapatkan jenis pondasi tiang pancang dengan variasi bentuk persegi dengan garis tengah 40 cm merupakan yang paling ekonomis, memiliki daya dukung yang kuat, membutuhkan jumlah tiang yang sedikit, dan memiliki volume beton paling ringan.

2. Analisis Perbandingan Pondasi Tiang Pancang dengan Pondasi Tiang Bor pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Gigi dan Mulut Universitas Brawijaya

Mayangsari (2018) melakukan penelitian tentang perencanaan ulang pada pekerjaan pondasi proyek pembangunan gedung Rumah Sakit Gigi dan Mulut Universitas Brawijaya menggunakan alternatif pondasi tiang pancang. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui perbandingan jumlah biaya yang dibutuhkan dan perencanaan pada pondasi tiang pancang dan tiang bor, serta mendapatkan jenis pondasi yang efisien dan ekonomis. Pada desain awal gedung RSGM Universitas Brawijaya menggunakan pondasi tiang bor dengan diameter 60 dan 80 cm. Setelah dilakukan analisa didapatkan jumlah tiang pancang yang dibutuhkan sebanyak 330 buah dengan biaya Rp. 4.750.140,00 dan untuk tiang bor sejumlah 175 buah dengan biaya Rp. 6.350.000,00. Berdasarkan hasil penelitian tersebut didapatkan jenis pondasi tiang pancang lebih efisien dan ekonomis apabila dibandingkan dengan jenis tiang bor.

3. Kajian Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Pancang pada Tangki Minyak dengan Metode Elemen Hingga dan Meyerhoff.

Dwitasari (2018) melakukan penelitian tentang pengkajian kapasitas dukung pondasi tiang pancang pada tangki timbun di proyek pembangunan gedung PPKS di Kalimantan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas dukung dan penurunan kelompok tiang pada pondasi tiang pancang dengan dimensi 0,25 m x 0,25 m. Berdasarkan hasil uji sondir didapatkan tiga variasi alternatif yaitu 0,25 m, 0,3 m, dan 0,35 m. Berdasarkan aplikasi *Plaxis* didapatkan usulan alternatif terbaik dengan total  $Q_{group}$  sebesar 48.599,57 kN dan 47.009,33 kN. Beban dari kelompok tiang tersebut telah lebih besar dibandingkan dengan beban gedung sehingga dapat disimpulkan pondasi tersebut aman.

4. Kajian Pengambilan Keputusan Desain Pondasi dengan Analisis Rekayasa Nilai Menggunakan Metode Zero- One

Darojah (2019) melakukan penelitian *value engineering* pada pekerjaan pondasi di proyek pembangunan fakultas hukum Universitas Islam Indonesia. Penelitian tersebut bertujuan untuk mencari alternatif desain jenis pondasi untuk pembangunan konstruksi gedung yang lebih tepat dan efisien. Berdasarkan

penelitian tersebut didapatkan alternatif usulan jenis pondasi yaitu pondasi footplate dengan dimensi 3,5 x 3,5. Desain tersebut merupakan desain yang sama dengan desain awal, sehingga tidak terjadi usulan perubahan. Pondasi ini memiliki biaya konstruksi sejumlah Rp 394.181.027,46.

5. Analisis Perbandingan Pondasi Tiang Pancang dengan Pondasi Tiang Bor pada Proyek Pembangunan Laboratorium Universitas Brawijaya

Moudini (2020) melakukan penelitian perencanaan ulang pada pekerjaan pondasi proyek pembangunan Gedung Laboratorium Vokasi dan Industri Kreatif Universitas Brawijaya. Penelitian tersebut dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui perbandingan analisis perhitungan daya dukung, penurunan, serta biaya antara pondasi tiang pancang dan pondasi tiang bor. Jenis pondasi yang digunakan pada rencana awal merupakan jenis pondasi tiang bor, kemudian dilakukan analisa menggunakan aplikasi *Plaxis 2D V20*. Desain alternatif tiang pancang diperoleh daya dukung yang lebih tinggi dan harga yang lebih ekonomis dengan biaya Rp. 7.373.694,76.

### 5.1 Perbedaan dengan Penelitian yang Pernah Ada

Pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya mempunyai berbagai macam perbedaan baik dalam metode maupun lokasi dilakukan penelitiannya. Mayangsari (2018) dan Moudini (2020) melakukan penelitian dengan topik yang sama yaitu analisis perbandingan pondasi tiang pancang dengan pondasi tiang bor. Metode yang digunakan berbeda antara Mayangsari (2018) menggunakan Metode Mayerhoff, Vesic, dan Coyle and Castello pada pembangunan Rumah Sakit Gigi dan Mulut Universitas Brawijaya sedangkan Moudini (2020) menggunakan aplikasi *Plaxis 2D V20* pada proyek pembangunan Gedung Laboratorium Vokasi dan Industri Kreatif Universitas Brawijaya . Dwitasari (2018) dalam penelitiannya menggunakan aplikasi *Plaxis* namun menggunakan versi yang berbeda, yaitu *Plaxis 3D* pada proyek pembangunan Gedung PPKS Kalimantan. Setiyono (2012) menggunakan metode *bagemann* dalam penelitiannya pada pembangunan renovasi gedung Rusunawa UPN “Veteran” Surabaya dan Darojah (2018) menggunakan rekayasa nilai dengan metode *zero-one* pada proyek pembangunan Gedung Fakultas Hukum Universitas Islam

Indonesia. Penelitian ini menggunakan metode Reese and Wright dan melakukan wawancara untuk mendapatkan pertimbangan waktu dan biaya pelaksanaan pada Gedung Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia. Berdasarkan dengan penelitian yang telah ada, maka akan dilakukan penelitian mengenai perencanaan ulang pada pekerjaan pondasi. Perbedaan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian terdahulu diuraikan pada Tabel 2.1 sebagai berikut.



**Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Sekarang**

Penelitian Terdahulu						Penelitian yang Dilakukan
Aspek	Setiyono (2012)	Mayangsari (2018)	Dwitasari (2018)	Darajah (2019)	Moudini (2020)	Yulistyawan (2021)
<b>Judul</b>	Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Gedung Rusunawa Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur	Analisis Perbandingan Pondasi Tiang Pancang dengan Pondasi Tiang Bor pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Gigi dan Mulut Universitas Brawijaya	Kajian Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Pancang pada Tangki Minyak dengan Metode Elemen Hingga dan Meyerhoff.	Kajian Pengambilan Keputusan Desain Pondasi dengan Analisis Rekayasa Nilai Menggunakan Metode <i>Zero-One</i>	Analisis Perbandingan Pondasi Tiang Pancang dengan Pondasi Tiang Bor pada Proyek Pembangunan Laboratorium Universitas Brawijaya	Evaluasi Pekerjaan Pondasi pada Bangunan Gedung Bertingkat
<b>Lokasi</b>	Gedung Rusunawa UPN “Veteran” Surabaya	Proyek Pembangunan rumah Sakit Gigi dan Mulut Universitas Brawijaya	Proyek Pembangunan Gedung PPKS Kalimantan	Proyek Pembangunan Fakultas Hukum UII Yogyakarta	Proyek Gedung Laboratorium Vokasi Universitas Brawijaya	Gedung Rumah Sakit UII Yogyakarta

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Sekarang

Penelitian Terdahulu						Penelitian yang Dilakukan
Aspek	Setiyono (2012)	Mayangsari (2018)	Dwitasari (2018)	Darojah (2019)	Moudini (2020)	Yulistyawan (2021)
<b>Tujuan</b>	Mendapatkan Desain dan daya dukung optimal pondasi tiang pancang pada saat dilakukan renovasi gedung.	Mengetahui jenis pondasi yang ekonomis dan efisien antara pondasi tiang pancang apabila dibandingkan dengan tiang bor.	Mengetahui kajian kapasitas dukung desain pondasi tiang pancang dan penurunan kelompok tiang dengan program <i>Plaxis</i> dan metode <i>Meyerhoff</i> .	Mengkaji Desain pondasi dengan beberapa alternatif pondasi dengan analisis rekayasa nilai menggunakan metode <i>zero one</i>	Mengetahui perbandingan daya dukung, penurunan dan biaya antara pondasi tiang pancang dan tiang bor	Mengetahui efektifitas dan fisiensi apabila pondasi <i>existing</i> dibandingkan dengan tiang pancang
<b>Metode</b>	Metode <i>Bagemann</i>	Metode <i>Mayerhoff</i> , <i>Vesic</i> , dan <i>Coyle and Castello</i> .	Menggunakan aplikasi <i>Plaxis 3D Foundation</i>	Metode <i>zero-one</i>	Menggunakan aplikasi <i>Plaxis 2D V20</i>	Perencanaan pondasi menggunakan metode Reese and Wright sedangkan untuk analisis perhitungan waktu dan biaya pelaksanaan melalui wawancara.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Sekarang

Penelitian Terdahulu						Penelitian yang Dilakukan
Aspek	Setiyono (2012)	Mayangsari (2018)	Dwitasari (2018)	Darojah (2019)	Moudini (2020)	Yulistyawan (2021)
<b>Hasil</b>	Berdasarkan Analisa yang dilakukan jenis variasi tiang pancang berbentuk persegi dengan garis tengah 40 cm merupakan jenis yang paling ekonomis, daya dukung terkuat, dan membutuhkan tiang paling sedikit.	Perencanaan jumlah untuk tiang pancang 330 buah tiang dengan estimasi biaya Rp 4.750.140.000 dan tiang bor 157 buah dengan estimasi biaya Rp.6.350.000.000. Sehingga, berdasarkan efisiensi biaya, pondasi tiang pancang lebih efisien dan ekonomis.	Kapasitas daya dukung lateral dapat ditingkatkan dengan memperbesar ukuran penampang tiang , parameter sudut geser dengan perbaikan menggunakan <i>dense sand</i> , dan kemiringan tiang.	Pemilihan alternatif desain pondasi menunjukkan bahwa pondasi footplate dimensi 3,5 x 3,5 merupakan desain yang terbaik berdasarkan rekayasa nilai dengan metode <i>zero-one</i> .	Penggunaan pondasi tiang pancang lebih ekonomis dan efisien dibandingkan tiang bor dengan biaya sebesar Rp. 7.373.694.512, 78 untuk tiang pancang berbanding Rp. 8.463.126.337,15 pada tiang bor dengan jumlah 120 buah tiang pancang berbanding 196 buah untuk tiang bor.	

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Landasan Teori**

Menurut Efendi “Teori adalah serangkaian asumsi, konsep. Abstrak, definisi dan proposisi untuk menerangkan sesuatu fenomena sosial secara sistematis dengan cara memutuskan hubungan antara konsep-konsep yang ada.” Teori memiliki makna yang berbeda untuk setiap bidang pengetahuan berdasarkan dengan metodologi dan konteks diskusi. Secara umum teori dapat dikatakan sebagai analisis hubungan antara fakta atau fenomena yang satu dengan fakta yang lain berdasarkan dengan sekumpulan fakta-fakta.

Bab ini menjelaskan tentang sekumpulan teori yang telah dikemukakan oleh beberapa ahli untuk menunjang penelitian yang akan dilaksanakan. Menurut Kerlinger (1973) teori memiliki fungsi :

1. Menyediakan kerangka konsepsi penelitian, dan memberikan pertimbangan perlunya penyelidikan.
2. Teori dapat membuat pertanyaan yang terinci untuk penyidikan.
3. Menunjukkan hubungan antar variable yang diteliti.
4. Kajian pustaka mengidentifikasi secara sistematis, penemuan, dan analisis dokumen yang memuat informasi berkaitan dengan masalah penelitian.

Berdasarkan dengan fungsi teori diatas, maka dapat disimpulkan landasan teori memiliki peranan penting dalam melakukan penelitian. Landasan teori perlu ditegakkan supaya dalam melakukan penelitian mempunyai dasar yang kokoh dan bukan melakukan percobaan yang sia-sia. Dalam penelitian yang akan dilakukan, dijelaskan terkait teori-teori yang digunakan untuk mendukung penelitian tentang evaluasi pada pekerjaan pondasi.

### 3.2 Manajemen

Menurut Terry (1958) “manajemen adalah sebuah proses yang terdiri dari perencanaan, pengorganisasian, penggerakan, dan pengawasan untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya”.

Berikut ini merupakan fungsi-fungsi manajemen menurut Terry (1958):

1. Perencanaan (*planning*)

Perencanaan (*planning*) adalah prinsip dasar yang berfungsi sebagai tujuan dan persiapan langkah-langkah yang digunakan untuk mencapainya. Perencanaan berarti mempersiapkan segala kebutuhan, mempertimbangkan dengan cermat kendala yang ada, dan merumuskan bentuk kegiatan yang bertujuan untuk mencapai tujuan.

2. Pengorganisasian (*organization*)

Pengorganisasian (*organization*) Organisasi adalah cara mengumpulkan orang dan mengaturnya sesuai dengan kemampuan dan keahliannya dalam merencanakan pekerjaan.

3. Penggerakan (*actuating*)

Penggerakan (*actuating*) adalah membuat organisasi beroperasi sesuai dengan pembagian kerjanya masing-masing, dan menggerakkan seluruh sumber daya yang ada di dalam organisasi, sehingga pekerjaan atau kegiatan yang dilaksanakan dapat terlaksana sesuai rencana dan tujuan dapat tercapai.

4. Pengawasan (*controlling*)

Pengawasan (*controlling*) yaitu mengawasi apakah operasi organisasi sesuai dengan rencana. Serta memonitor penggunaan sumber daya dalam organisasi agar sumber daya dapat digunakan secara efektif dan efisien tanpa menyimpang dari rencana.

Pokok dari fungsi manajemen adalah tujuan yang ingin dicapai. Oleh karena itu, fungsi perencanaan harus dilakukan semaksimal mungkin agar proses implementasi dapat berjalan dengan lancar dan segala kekurangan dapat teratasi.

### 3.3 Proyek Konstruksi

Menurut Ervianto (2005) “proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang hanya satu kali dilaksanakan dan umumnya berdurasi jangka pendek”. Pelaksanaan proyek konstruksi melalui serangkaian proses kegiatan yang melibatkan berbagai pihak terkait, baik secara langsung ataupun tidak.

Menurut Ervianto (2005), proyek konstruksi memiliki tiga karakteristik yaitu

1. Proyek bersifat unik  
Proyek bersifat unik dikarenakan dalam prosesnya tidak pernah terjadi kegiatan yang sama persis, walaupun dalam beberapa proyek terdapat sejenis namun tidak ada proyek identik. Proyek memiliki durasi waktu yang relatif pendek dan melibatkan berbagai macam pekerja yang berbeda-beda.
2. Proyek membutuhkan sumber daya  
Dalam pelaksanaannya proyek membutuhkan sumber daya untuk menyelesaikan pekerjaannya. Sumber daya dapat berupa tenaga maupun pikiran, biasa disebut sebagai 5 (lima) M (*man, machine, money, method, material*). Semua sumber daya yang dibutuhkan harus tercukupi antara satu sama lain untuk menunjang pelaksanaan proyek konstruksi.
3. Proyek membutuhkan organisasi  
Menjalankan suatu proyek dibutuhkan lebih dari satu bidang tenaga ahli seperti pelaksana, pengawas, dan *owner*. Banyaknya individu dalam suatu proyek pasti memiliki beragam keahlian, kepribadian, dan ketertarikan. Manajer proyek selaku pimpinan organisasi perlu untuk menyatukan visi dan misi supaya memiliki satu tujuan yang sama.

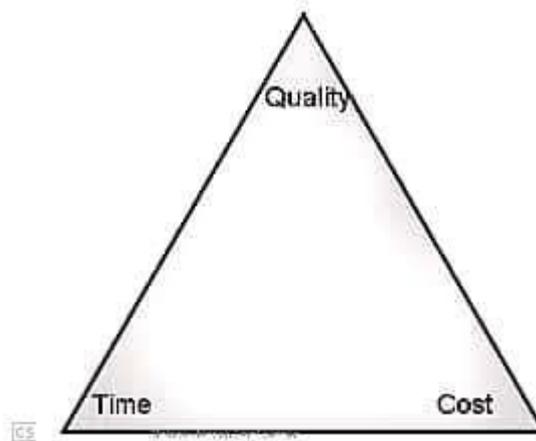
### 3.4 Manajemen Proyek

“Manajemen proyek adalah semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian, dan koordinasi suatu proyek awal (gagasan) hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya, dan tepat mutu” Ervianto (2005). Sedangkan menurut Soeharto (1995) “manajemen proyek adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan”.

Umumnya dalam manajemen proyek memiliki tujuan untuk mendapatkan metode teknis terbaik agar memperoleh hasil yang maksimal dari sudut ketelitian, kecepatan, penghematan, dan keselamatan kerja dengan menggunakan sumber daya yang terbatas. Soeharto (1999) menyatakan bahwa “dalam proses mencapai tujuan dari suatu proyek, ada batasan yang harus dipenuhi yaitu besar biaya (anggaran) yang dialokasikan, jadwal serta mutu yang harus dipenuhi”. Tiga hal tersebut merupakan parameter penting dalam menjalankan manajemen proyek konstruksi yang disebut dengan tiga kendala (*triple constraint*).

Menurut Soeharto (1999) ketiga parameter penting (*triple constraint*) tersebut yaitu:

1. Biaya  
Dalam menjalankan proyek konstruksi anggaran proyek harus diselesaikan dengan biaya yang tidak melebihi anggaran
2. Mutu  
Mutu yang dihasilkan harus memenuhi dengan spesifikasi dan kriteria yang telah disyaratkan.
3. Waktu  
Pelaksanaan durasi proyek harus dikerjakan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan



**Gambar 3.1 Tiga Kendala Proyek Konstruksi (*Triple Constraint*)**

(Sumber: Soeharto, I, Manajemen Proyek : Dari konseptual sampai operasional, Jakarta ; Erlangga, 1999)

Triple Constraint memiliki sifat tarik-menarik, yang berarti untuk meningkatkan kinerja maka diikuti dengan meningkatkan mutu dan tentunya berakibat pada meningkatnya biaya. Hal ini juga berlaku sebaliknya apabila ingin menekan pengeluaran biaya, maka harus menyesuaikan terkait mutu dan juga waktu pelaksanaan.

### 3.5 Tanah

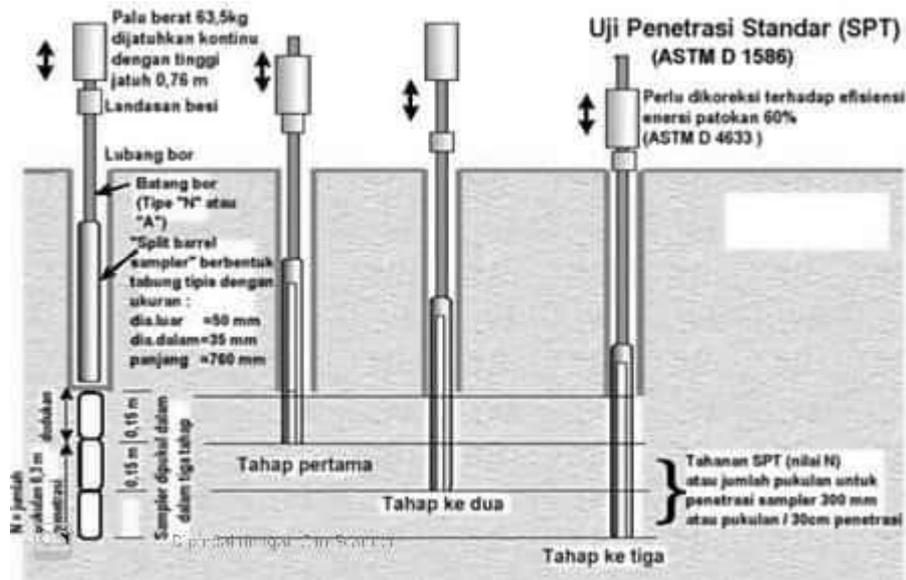
Menurut Hardiyatmo (1992) “Tanah dari pandangan ilmu teknik sipil merupakan himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relative lepas (*loose*) yang terletak diatas dasar batu (*bedrock*)”. Sedangkan menurut Verhoef (1994) “Tanah didefinisikan secara umum adalah kumpulan dari bagian-bagian yang padat dan tidak terikat antara satu dengan yang lain rongga-rongga diantara material tersebut berisi udara dan air”.

Pekerjaan proyek konstruksi khususnya pada pekerjaan pondasi, tanah adalah salah satu peranan penting. Setiap bangunan dibangun diatas dan dibawah permukaan tanah, oleh karena itu perlu direncanakan pondasi yang dapat menyalurkan beban dari bangunan ke tanah. Untuk mengetahui karakteristik dan jenis tanah yang terletak dibawah bangunan maka perlu dilakukan penyelidikan tanah.

### 3.6 Penyelidikan Tanah

Penyelidikan tanah merupakan salah satu cara untuk mendapatkan informasi bawah tanah yang digunakan untuk merencanakan pondasi bangunan sipil. Tujuan dilakukan penyelidikan tanah adalah agar mengetahui kapasitas daya dukung tanah, kondisi tanah, dan muka air tanah.

Penyelidikan tanah dapat dilakukan dengan cara pengujian *Cone Penetration Test* (CPT) atau *sondir* dan *Standard Penetration Test* (SPT) atau *boring*. Penyelidikan tanah tersebut harus mencapai kedalaman tanah yang mampu memberikan daya dukung aman terhadap beban struktur yang akan dibangun. Dari penyelidikan tanah didapatkan letak lapisan tanah keras dan daya dukung tanah. Berikut merupakan contoh skema penyelidikan tanah dilihat pada Gambar 3.2.



**Gambar 3.2 Skema Uji *Standard Penetration Test***

(Sumber: Nakazawa, VII, Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, Jakarta ; Pradnya Paramita, 2000)

### 3.7 Pondasi

Menurut Brown (1995) “Pondasi merupakan bagian paling bawah dari suatu struktur bangunan yang berfungsi meneruskan beban bangunan bagian atas ke lapisan tanah atau batuan yang berada di bawahnya”. Sedangkan menurut Terzaghi (1987) “pondasi adalah bagian dari suatu bangunan yang berfungsi meneruskan berat bangunan tersebut ke tanah dimana bangunan itu berdiri”.

Proyek konstruksi menentukan jenis pondasi yang digunakan sebagai struktur bawah dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti karakteristik tanah, beban bangunan, dan biaya. Menurut Das (1998) “ Berdasarkan elevasi kedalamannya pondasi dibedakan menjadi pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*)”.

#### 1. Pondasi dangkal (*shallow foundation*)

Menurut Terzaghi (1987) “ Pondasi dangkal adalah jika kedalaman pondasi  $\leq$  lebar pondasi, maka pondasi tersebut dikatakan pondasi dangkal”. Dapat dikatakan pondasi dangkal merupakan sistem pondasi yang direncanakan

sedemikian rupa sehingga mampu menahan beban dari struktur di atasnya dan kedalamannya tidak melebihi dari lebar pondasi.

2. Pondasi dalam (*deep foundation*)

Pondasi dalam merupakan struktur bawah tanah yang berfungsi untuk menyalurkan atau mendistribusikan beban struktur yang terletak di atasnya hingga mencapai kedalaman tanah yang keras dan terdapat jauh dari permukaan tanah. Suatu pondasi dapat dikategorikan sebagai pondasi dalam apabila memiliki perbandingan antara kedalaman dengan lebar pondasi memiliki nilai lebih besar atau sama dengan 10 ( $D_f/B \geq 10$ ). Untuk pondasi dalam memiliki beberapa jenis antara lain:

a.) Pondasi Tiang Bor (*Bored Pile*)

Pondasi *Bored Pile* merupakan pondasi yang membuat lubang pada tanah hingga mencapai kedalaman yang dituju, kemudian dilakukan penulangan ke dalam lubang yang telah digali. Setelah selesai melakukan penulangan kemudian melakukan proses pengecoran hingga permukaan tanah.

b.) Pondasi Kaison

Pondasi Kaison merupakan jenis pondasi dalam yang memiliki bentuk box atau silinder yang masukkan ke dalam tanah dengan melakukan pengerukan tanah dibawah pondasi secara perlahan, sehingga pondasi dapat mencapai kedalaman yang ditentukan kemudian dilakukan pengecoran dengan beton.

c.) Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang merupakan pondasi yang dalam proses pekerjaannya dengan cara didesakkan ke dalam tanah hingga mencapai kedalaman yang direncanakan dengan tujuan untuk mengakibatkan munculnya tahanan gesek dan tahanan ujungnya. Proses pamanangan dari tiang sendiri dapat menggunakan alat berat seperti *drop hammer*, *diesel hammer*, atau *hydrolic hammer*.

### 3.8 Pondasi Tiang Pancang

Menurut Sosrodarsono (1990), menjelaskan bahwa “setiap pondasi harus mampu mendukung beban sampai batas keamanan yang telah ditentukan, termasuk mendukung beban maksimum yang mungkin terjadi. Jenis pondasi yang sesuai dengan tanah pendukung yang terletak pada kedalaman 10 meter dibawah permukaan tanah adalah pondasi tiang”.

Pondasi tiang pancang merupakan bagian dari struktur bawah yang berfungsi untuk menerima dan menyalurkan dari beban struktur yang berada di atasnya ke batas tanah penunjang yang terletak pada kedalaman tertentu. Pada umumnya pondasi tiang pancang berbentuk panjang dan langsing untuk menyalurkan beban ke tanah yang lebih dalam. Bahan utama pembuatan dari pondasi tiang pancang adalah kayu, baja, dan beton. Metode pekerjaan pondasi tiang pancang dilakukan dengan cara dipukul, dibor, atau didongkrak ke dalam tanah kemudian dihubungkan dengan *pile cap*. Penyebaran beban tiang pancang memiliki karakteristik yang berbeda-beda berdasarkan dengan tipe tanah di lokasi proyek.

Pondasi tiang pancang dibedakan menjadi dua (2) macam berdasarkan dengan cara pemindahan beban

#### 1. *Point Bearing Pile (End bearing pile)*

*Point bearing pile* merupakan tiang pancang dengan tahanan ujung. Tiang pancang jenis ini mendistribusikan beban dengan cara meneruskan beban melalui tahanan ujung ke lapisan tanah yang keras.

#### 2. *Friction Pile*

*Friction pile* dibedakan menjadi dua (2) macam berdasarkan dengan karakteristik jenis tanahnya

- a. *Friction pile* dengan tanah butir-butir tanah kasar (*coarse grained*) dan sangat mudah melakukan air (*very permeable soil*). Tiang pancang jenis ini meneruskan beban ke tanah melalui geseran kulit. Proses pemancangan tiang ini dilakukan dalam kelompok tiang yang letak antar tiangnya saling berdekatan sehingga menyebabkan pori-pori tanah menjadi berkurang dan menjadi padat tanah diantara kelompok tiang tersebut.

- b. *Friction pile* dengan tanah butir-butir yang sangat halus (*very fine grained*) dan susah dilalui air. Tiang pancang jenis ini meneruskan beban ke tanah melalui kulit, namun dalam pemancangan tiang tidak menyebabkan tanah disekitar kelompok tiang menjadi padat.

### 3.8.1 Pondasi Tiang Pancang Beton

Pondasi tiang pancang bahan beton (*Precast Reinforced Concrete Pile*) merupakan tiang pancang dari beton bertulang yang dicetak dan dicor dalam bekisting, kemudian setelah cukup keras dipancang dengan alat berat. Pondasi jenis ini memiliki tegangan tarik beton yang kecil sehingga dianggap nol (0), namun memiliki berat beban yang besar sehingga harus diberi penulangan-penulangan yang cukup kuat yang berfungsi untuk menahan momen lentur yang timbul pada saat proses pemancangan.

Tiang pancang ini mampu memikul beban yang lebih besar ( $\geq 50$  ton/ tiang) tergantung dengan dimensinya. Yang harus diperhatikan dalam perencanaan tiang pancang jenis ini panjang dari tiang haruslah dihitung dengan cermat, apabila panjang dari tiang tidak mencukupi maka terpaksa harus dilakukan penyambungan. Setiap pondasi memiliki kekurangan dan kelebihan, berikut kelebihan dari pondasi tiang pancang beton:

1. Memiliki tegangan tekan yang besar (tergantung mutu beton yang digunakan).
2. Dapat dikategorikan sebagai *End bearing pile* maupun *friction pile*.
3. Memiliki daya tahan yang tinggi terhadap korosif dan pengaruh air, sehingga dapat tahan lama.
4. Tidak terpengaruh oleh muka air tanah, sehingga tidak membutuhkan galian tanah yang banyak.

Sedangkan kerugian dari pemakaian pondasi tiang pancang beton sebagai berikut:

1. Memiliki berat yang besar sehingga menyebabkan pengangkutan (transportasi) yang mahal karena dibuat di fabrikasi.
2. Membutuhkan waktu yang lama dalam proses pencetakan, karena proses pemasangan dipancang cukup kuat.

3. Memerlukan waktu yang lama dan proses yang sulit apabila memerlukan pemotongan.
4. Apabila panjang dari tiang yang digunakan kurang maka sulit untuk proses penyambungan dan diperlukan alat khusus.

Bentuk-bentuk penampang dari pondasi tiang pancang bervariasi, dapat berbentuk persegi (*square pile*), bentuk segi tiga (*tringular pile*), bentuk lingkaran pejal, dan lingkaran berongga (*spun pile*). Berbagai macam bentuk penampang tiang dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 3.3 Tiang Pancang Segiempat (*square pile*)**

(sumber: waskita karya)



**Gambar 3.4 Tiang Pancang Segitiga (*tringular pile*)**

(sumber: waskita karya)



**Gambar 3.5 Tiang Pancang Lingkaran Pejal**

(sumber: waskita karya)



**Gambar 3.6 Tiang Pancang Lingkaran (*spun pile*)**

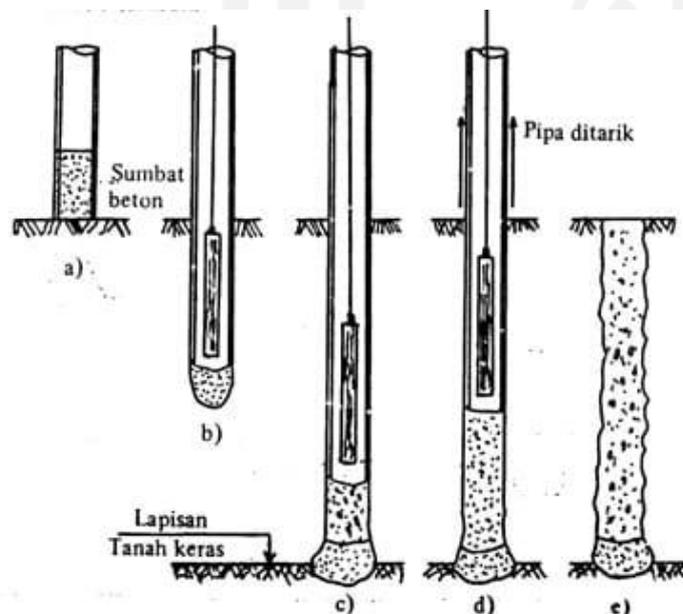
(sumber: waskita karya)

### 3.8.2 Pondasi Franki Pile

Tiang pancang jenis franki merupakan salah satu dari jenis tiang pancang beton yang dicor setempat (*cast in place pile*). Prinsip pelaksanaan pada pondasi franki pile adalah sebagai berikut:

1. Pipa baja yang terletak pada ujung bawah disumbat menggunakan beton yang dicor di dalam ujung pipa.
2. Menggunakan penumbuk yang jatuh bebas sumbat beton tersebut ditumbuk, sehingga sumbat beton dan pipanya akan masuk ke dalam tanah.
3. Setelah pipa mencapai kedalaman yang direncanakan, diisi dengan beton sambil terus ditumbuk dan pipanya ditarik ke atas.
4. Setelah selesai sumbat beton melebar sehingga ujung bawah berbetuk seperti jamur, sedangkan permukaan tidak rata dan menjadi sangat kasar. Hal ini karena ujung tiang membesar dengan sendirinya tahanan ujung menjadi besar juga, mengakibatkan tahanan geser dan lekatan tiang menjadi besar karena tiang sangat kasar.

Berikut gambar prinsip pelaksanaan pondasi franki pile



**Gambar 3.7 Pelaksanaan Franki Pile**

(Sumber: Sardjono, I, Pondasi Tiang Pancang, Surabaya ; Sinar Wijaya, 1988)

### 3.8.3 Metode Pelaksanaan Pondasi Tiang Pancang

Teknologi memiliki peranan yang sangat penting dalam pelaksanaan proyek konstruksi. Teknologi dapat mempengaruhi penggunaan metode yang efektif dan efisien dalam menyelesaikan proyek konstruksi. Target yang telah ditetapkan dari awal waktu, biaya, dan mutu dapat tercapai dengan baik apabila menggunakan metode yang tepat. Pondasi yang berfungsi untuk mendistribusikan beban struktur ke tanah maka harus memiliki perencanaan dan penerapan metode yang tepat pula. Berikut merupakan metode yang digunakan dalam pelaksanaan pondasi tiang pancang:

1. Proses pemancangan dilakukan dengan memukul secara bertahap di ujung tiang pancang dengan palu martil tiang pancang. Resiko menggunakan metode ini adalah menimbulkan suara yang bising dan getaran yang mengakibatkan tempat di sekitar lokasi proyek menjadi terganggu. Pada beberapa lingkungan tidak diperbolehkan oleh peraturan setempat atau badan-badan lingkungan yang memelihara di sekitar proyek
2. Proses pemancangan menggunakan alat penggetar yang ditempelkan pada ujung pondasi tiang pancang. Penerapan metode ini di lapangan digunakan dalam tanah yang endapan-endapan nilai kohesinya kecil
3. Pemancangan dengan cara mendongkrak tiang pancang. Umumnya metode ini diterapkan untuk bagian-bagian kaku yang pendek
4. Pemancangan dengan cara mengebor lubang yang diberi *casing* dari pipa baja, setelah lubang dibor dan diisi dengan beton hingga mengeras.

### 3.9 Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Pancang

Untuk menentukan kapasitas dukung tiang pondasi, maka diperlukan klasifikasi tiang untuk mendukung beban yang bekerja. Menurut Terzaghi, klasifikasi tiang dibedakan sebagai berikut:

1. Tiang gesek, apabila tiang pancang pada tanah berbutir. Proses pemancangan mengakibatkan tanah disekitarnya menjadi padat. Porositas dan kompresibilitas tanah akibat getaran saat pemancangan menjadi berkurang dan angka gesekan butiran tanah dan permukaan tiang arah lateral bertambah.

2. Tiang lekat, apabila karakteristik tanah di lokasi pemancangan berupa tanah yang berkoheesi tinggi atau tanah lunak
3. Tiang mendukung pada ujung tiang, apabila proses pemancangan dilakukan dengan ujung tiang mencapai tanah keras mengakibatkan seluruh beban diteruskan ke tanah keras oleh tiang.
4. Tiang tekan, apabila tiang yang dipancang telah mencapai tanah keras dan mendapatkan tekanan vertikal dari beban
5. Tiang tarik, apabila tiang pancang di tanah berkarakter berbutir dan mendapat gaya yang bekerja dari lendutan momen yang menyebabkan tiang mengalami gaya tarik.

Berdasarkan dengan realita di lapangan, tanah sangatlah heterogen dan kombinasi dari kelima hal diatas. Metode yang digunakan umumnya dibedakan menjadi dua kategori yaitu tiang tunggal dan kelompok tiang.

### **3.9.1 Kapasitas Dukung Tiang Tunggal Data Uji *Cone Penetration Test* (CPT)**

Mayerhoff telah menghasilkan persamaan menghitung kapasitas dukung tiang pancang dengan hasil penyelidikan tanah menggunakan CPT dan SPT. Perhitungan daya dukung menggunakan metode Myerhoff dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$Q_u = Q_p + Q_s = (q_c \times A_p) + (JHL \times K) \quad (3.1)$$

Keterangan :

- $Q_u$  : Kapasitas daya dukung ultimit  
 $Q_p$  : Kapasitas dukung ujung tiang  
 $Q_s$  : Kapasitas dukung selimut tiang  
 $q_c$  : Tahanan ujung sondir  
 $A_p$  : Luas penampang tiang  
 $JHL$  : Jumlah Hambatan Lekat  
 $K$  : Keliling tiang

Daya dukung ijin pondasi dinyatakan dengan persamaan berikut:

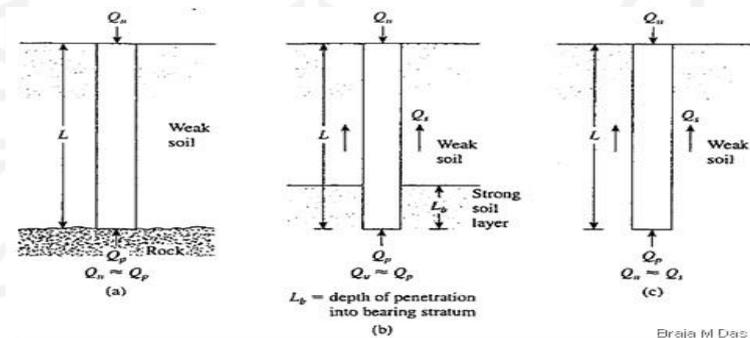
$$Q_{ijin} = \frac{Q_u}{SF} - W_p \quad (3.2)$$

Keterangan :

$Q_u$  : Kapasitas daya dukung tiang tunggal

SF : *safety factor*

$W_p$  : Berat tiang



**Gambar 3.8 Daya Dukung Ultimit pondasi**

(Sumber: Sardjono, I, Pondasi Tiang Pancang, Surabaya ; Sinar Wijaya, 1988)

### 3.9.2 Kapasitas Dukung Tiang Tunggal Data Uji *Standard Penetration Test* (SPT)

Menurut Meyerhoff perhitungan daya dukung data SPT dibedakan menjadi dua berdasarkan sifat lekat tanahnya yaitu tanah kohesif dan tanah non-kohesif. Pengelompokan tanah menurut sifat kekuatannya seperti berikut:

1. Tanah kohesif, merupakan tanah yang memiliki sifat lekatan antara butir-butirnya. (mengandung lempung cukup banyak)
2. Tanah non-kohesif, merupakan tanah yang sedikit atau bahkan tidak mempunyai lekatan tiap butirnya. (hamir tidak mengandung lempung)

Berikut merupakan persamaan Meyerhoff untuk tanah non-koheusif:

$$Q_p = 40 \times N_b \times A_p \quad (3.3)$$

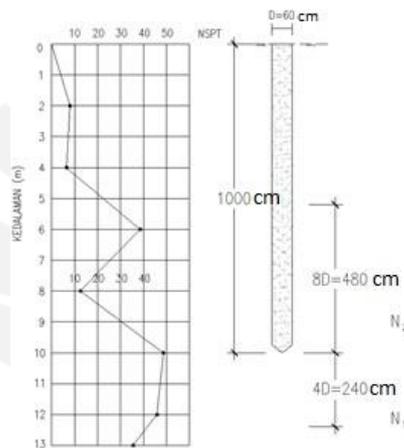
Keterangan :

$N_b$  : Nilai SPT rata-rata elevasi tiang pancang

$N_1$  : Nilai SPT pada kedalaman 4D ujung tiang ke bawah

$N_2$  : Nilai SPT pada kedalaman 8D ujung tiang ke atas

$A_p$  : Luas penampang tiang (m)



**Gambar 3.9 Nilai N-SPT yang Digunakan untuk Desain Tahanan Ujung**

(Sumber: Sardjono, I, Pondasi Tiang Pancang : Jilid II, Surabaya ; Sinar Wijaya, 1988)

Sedangkan menurut Reese and Wright kapasitas dukung ujung tiang pada pondasi adalah sebagai berikut:

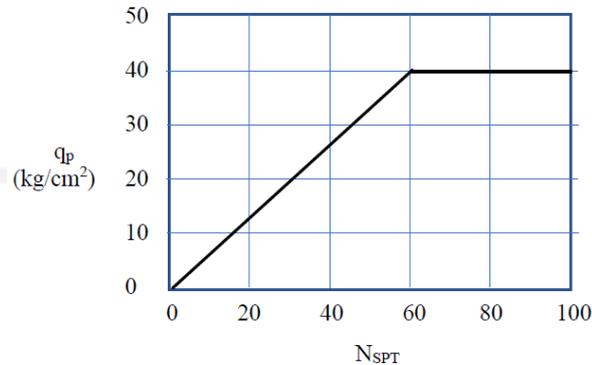
$$Q_p = q_p \times A \quad (3.4)$$

Keterangan :

$q_p$  : Tahanan ujung persatuan luas

$A$  : Luas penampang tiang

Jenis tanah pasir besarnya  $q_p$  menggunakan grafik dibawah ini:



**Gambar 3.10 Grafik Nilai  $q_p$  Data NSPT**

(Sumber: Marzuko. A., Bahan Ajar Pondasi II, Yogyakarta)

Sedangkan untuk tanah kohesif menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$Q_p = 9 \times C_u \times A_b \quad (3.5)$$

Keterangan :

$Q_p$  : Kapasitas tahanan pada ujung tiang

$A_b$  : Luas penampang tiang (m<sup>2</sup>)

$C_u$  : Kohesi *undrained*

### 3.9.3 Kapasitas Dukung Kelompok Tiang

Berdasarkan pelaksanaan di lapangan, pondasi tiang pancang dipasang dengan berkelompok. Pondasi tiang pancang dipasang secara berdekatan dan digabungkan menjadi satu bagian menggunakan *pile cap*. Perhitungan kapasitas dukung kelompok tiang memerlukan beberapa hal yang harus diperhatikan, yaitu jumlah tiang dalam satu kelompok, jarak tiang, susunan tiang dan efisiensi kelompok tiang.

#### 1. Jumlah tiang

Penentuan jumlah tiang berdasarkan beban yang bekerja pada pondasi dan kapasitas dukung ijin tiang, berikut merupakan rumus yang digunakan pada persamaan berikut:

$$n = \frac{p}{Q_{ijin}} \quad (3.6)$$

Keterangan :

P : Beban yang bekerja

Qijin : Kapasitas dukung ijin tunggal

## 2. Jarak tiang

Berdasarkan dengan Dirjen Bina Marga Departemen P.U.T.L diisyaratkan dengan persamaan berikut.

$$S \geq 2,5D \quad (3.7)$$

$$S \leq 3D \quad (3.8)$$

Keterangan :

S : Jarak pusat ke pusat tiang

D : Diameter tiang

Pada umumnya jarak antar tiang dalam kelompok minimum 0,60 m dan maksimum 2,00 m berdasarkan dengan ketentuan berikut ini.

### a. $S < 2,5 D$

Tanah disekitar kelompok tiang akan naik secara berlebihan, hal ini disebabkan oleh desakan dari tiang-tiang yang dipancang terlalu berdekatan.

### b. $S > 3D$

Mengakibatkan pondasi menjadi tidak ekonomis, karena disebabkan oleh besarnya dimensi dari *pile cap*.

## 3. Kapasitas dukung kelompok tiang

Kapasitas dukung kelompok tiang berdasarkan faktor efisiensi tiang sesuai dengan persamaan berikut:

$$Q_g = n \times Q_{ijin} \times E_g \quad (3.9)$$

Keterangan :

Qg : Beban maksimum kelompok tiang

- n : Jumlah tiang  
 Qijin : Kapasitas dukung ijin  
 Eg : Efisiensi kelompok tiang

#### 4. Efisiensi kelompok tiang

Menurut formula Converse-Labarre persamaan untuk efisiensi kelompok tiang sebagai berikut.

$$Eg = 1 - \theta \frac{(n'-1)m + (m-1)n'}{90mn'} \quad (3.10)$$

Keterangan :

- Eg : Efisiensi kelompok tiang  
 m : Jumlah baris tiang  
 n : Jumlah tiang dalam satu baris  
 $\theta$  : arc tg d/s. (derajat)  
 s : Jarak antar tiang  
 d : Diameter tiang

#### 3.9.4 Penurunan Pondasi

Sesuai dengan fungsi dari pondasi yaitu untuk meneruskan beban dari struktur diatasnya ke dalam tanah, tiang pondasi akan mengalami pemendekan dan tanah disekitarnya akan mengalami penurunan. Perlu dilakukan perhitungan yang tepat untuk mencegah penurunan pondasi yang berlebihan karena dapat menyebabkan kegagalan struktur. Pada tiang tunggal penurunan pondasi dapat diselesaikan menggunakan metode berikut:

$$S = \frac{D}{100} + \frac{Q.L}{A_p.E_p} \quad (3.11)$$

Keterangan :

- S : Penurunan total di kepala tiang (m)  
 D : Diameter tiang  
 Q : Beban yang bekerja (kN)

- $A_p$  : Luas penampang tiang ( $m^2$ )  
 $L$  : Panjang tiang (m)  
 $E_p$  : Modulus elastisitas tiang ( $kN/m^2$ )

Menurut Sardjono (1988), penurunan tiang bergantung dengan nilai banding tahanan ujung dengan beban tiang. Penurunan akan sangat kecil, apabila beban yang didukung oleh tiang lebih kecil atau sama dengan tahanan ujung. Begitu juga sebaliknya, apabila beban yang didukung oleh tiang melebihi tahanan ujung maka penurunan yang terjadi akan besar. Penurunan untuk kelompok tiang terdiri dari dua (2) macam yaitu.

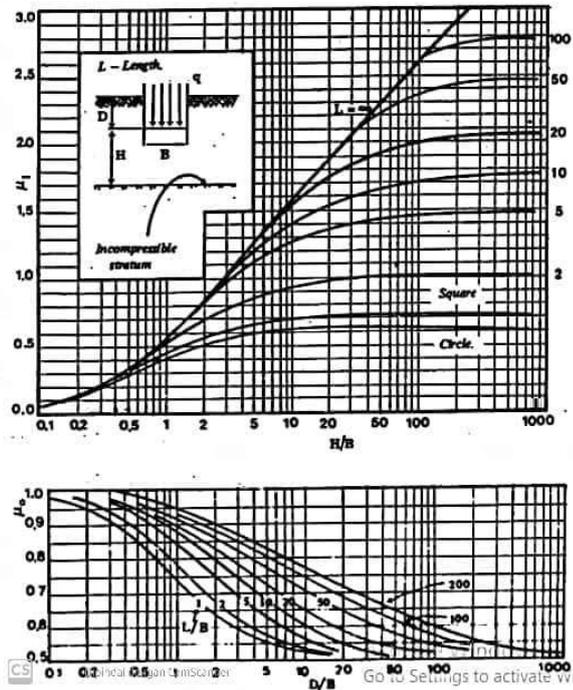
1. Penurunan seketika

Penurunan seketika merupakan penurunan yang terjadi oleh distorsi masa tanah yang tertekan dan terjadi pada volume konstan. Penurunan pada tanah yang memiliki karakteristik berbutir kasar atau berbutir halus yang tidak jenuh termasuk penurunan seketika setelah terjadi penurunan beban. Perhitungan untuk penurunan seketika dapat dilihat pada persamaan berikut ini:

$$S = \mu_i \cdot \mu_o \cdot \frac{q \cdot E}{E_s} \quad (3.12)$$

Keterangan :

- $\mu_i$  : Faktor koreksi untuk lapisan tanah dengan tebal terbatas  
 $\mu_o$  : Faktor koreksi untuk kedalaman pondasi  
 $q$  : Tekanan netto pondasi  
 $E_s$  : Modulus elastis tanah



**Gambar 3.11 Grafik Faktor Terkoreksi**

(Sumber: Sardjono, I, Pondasi Tiang Pancang : Jilid II, Surabaya ; Sinar Wijaya, 1988)

**Tabel 3.1 Perkiraan Modulus Elastisitas Tanah**

JENIS TANAH	E (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>LEMPUNG</b>	
Sangat lunak	3-30
Lunak	20-40
Sedang	45-90
Berpasir	300-425
<b>PASIR</b>	
Berlanau	50-200
Tidak padat	100-250
Padat	500-1000
<b>PASIR DAN KERIKIL</b>	
Padat	800-2000
Tidak padat	500-1400

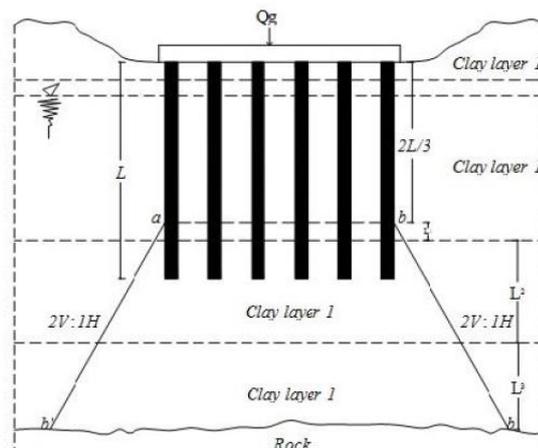
Lanjutan Tabel 3.1 Perkiraan Modulus Elastisitas Tanah

JENIS TANAH	E (kg/cm <sup>2</sup> )
LANAU	20-200
LOSES	150-600
CADAS	1400-14000

(Sumber : Bowles,1997)

## 2. Penurunan jangka panjang

Menurut Tomlinson (1986), penurunan jangka panjang terjadi secara berangsur-angsur. Skema penurunan pondasi jangka panjang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.12 Penurunan Tiang dengan Metode Penyebaran 2:1

(Sumber: Tomlinson, 1986)

Perhitungan penurunan pada masing-masing lapis dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini.

$$S_{pg} = \sum \frac{C_c \Delta H}{1+e_o} \cdot \log \frac{P_{o'} \Delta P}{P_{o'}} \quad (3.13)$$

Keterangan :

S<sub>pg</sub> : Penurunan kelompok tiang (m)C<sub>c</sub> : Indeks kompresi

ΔH : Tebal lapisan (m)

- $e_o$  : Angka pori  
 $P_o'$  : Tegangan efektif tanah ( $\text{kN/m}^2$ )  
 $\Delta P$  : Tegangan efektif tanah pada lapisan ke-1 ( $\text{kN/m}^2$ )

**Tabel 3.2 Nilai Indeks Kompresi ( $C_c$ )**

Jenis Tanah	Nilai $C_c$
Gambut	1,00-4,50
Lempung plastis	0,15-1,00
Lempung kaku	0,06-0,15
Lempung setengah kaku	0,03-0,06
Pasir lepas	0,025-0,05
Pasir padat	0,005-0,01

(Sumber: Nakazawa, VII, Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, Jakarta ; Pradnya Paramita, 2000)

**Tabel 3.3 Nilai Angka Pori ( $e$ )**

Jenis Tanah	Angka Pori
Pasir seragam tidak padat	0,85
Pasir seragam padat	0,51
Pasir berbutir campuran tidak padat	0,67
Pasir berbutir campuran padat	0,43
Lempung lunak sedikit organik	1,90
Lempung lunak sangat organik	3,00

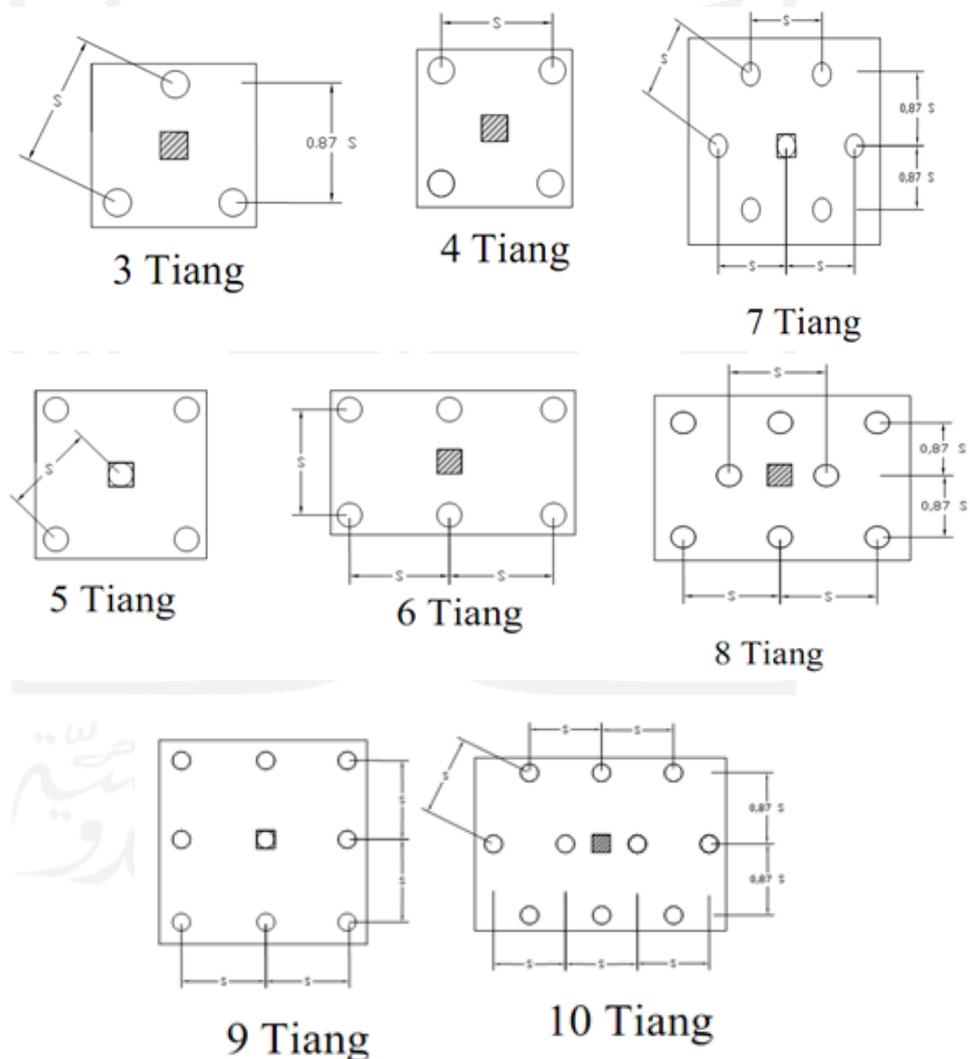
(Sumber: Nakazawa, VII, Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, Jakarta ; Pradnya Paramita, 2000)

Untuk perhitungan pembebanan struktur bangunan yang terdiri dari beban mati, beban hidup, dan beban gempa dihitung menggunakan aplikasi ETABS yang mengacu pada SNI-1726-2012 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk rumah dan gedung.

### 3.9.5 Susunan Kelompok Tiang

Menurut Suryolelono (1994) “bila jarak tiang kurang teratur atau terlalu lebar, maka luas denah *pile cap* akan bertambah besar dan berakibat volume beton menjadi bertambah besar sehingga biaya konstruksi membengkak”. Susunan tiang sangat berpengaruh terhadap luas denah pile cap, yang secara tidak langsung tergantung dari jarak tiang.

Berikut merupakan susunan tiang menurut hardiyatmo (2003) sebagai berikut:



**Gambar 3.13 Susunan Kelompok Tiang**

(Sumber: Hardiyatmo, 2003)

### 3.10 Produktifitas Pekerja

Menurut Ervianto (2004) “produktifitas didefinisikan sebagai rasio antara output dan input, atau rasio antara hasil produk dengan total sumber daya yang digunakan”. Sedangkan menurut Riyanto (1986) “produktifitas secara tidak langsung menyatakan kemajuan dari proses transformasi sumber daya menjadi barang atau jasa, peningkatan berarti perbandingan yang naik antara sumber daya yang dipakai (*input*) dengan jumlah barang yang dihasilkan (*output*). Produktifitas dapat dikatakan sebagai perbandingan antara hasil produksi dengan total sumber daya yang digunakan.

Umumnya pada proyek konstruksi, nilai produktifitas merupakan nilai yang dapat diukur dalam proses berjalannya konstruksi dan dapat dibagi menjadi biaya material, tenaga kerja, metode, dan alat. Tolak ukur dalam kesuksesan proyek konstruksi tergantung dengan hasil efektifitas pengelolaan sumber daya yang digunakan. Pekerja merupakan salah satu jenis sumber daya yang sulit untuk dikelola. Menurut Ervianto (2002) “upah yang akan dibayarkan bergantung terhadap keahlian masing-masing pekerja dikarenakan setiap pekerja memiliki keahlian masing-masing yang berbeda-beda satu dengan lainnya”.

Menurut Raviyanto (1990) “produktifitas didefinisikan sebagai perbandingan antara hasil yang dicapai dengan peran serta tenaga kerja per satuan waktu”. Dalam pelaksanaan di lapangan produktifitas pekerja dipengaruhi oleh beberapa faktor, yang dapat disebabkan oleh lingkungan di sekitar pekerja maupun dari pekerja itu sendiri. Untuk menghitung produktifitas pekerjaan dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Produktifitas} = \frac{\text{satuan hasil pekerjaan}}{\text{jam kerja}} \quad (3.14)$$

$$\text{Koefisien tenaga kerja} = \frac{\text{jumlah pekerja}}{\text{produktifitas} \left( \frac{\text{unit}}{\text{hari}} \right)} \quad (3.15)$$

Untuk menghitung kapasitas produksi dapat menggunakan rumus berikut:

$$Q = q \times N \times Ek \quad (3.16)$$

Keterangan:

- Q : produksi persatuan waktu  
 q : kapasitas produksi alat persatuan waktu  
 N :  $\frac{\text{jumlah rip persatuan waktu}}{\text{waktu siklus}}$   
 Ek : efisiensi kerja

Besarnya nilai efisiensi kerja ditentukan oleh kondisi operasi alat berat yang digunakan. Menurut Rochmanhadi (1986) sebagai pendekatan untuk menentukan efisiensi kerja alat berat merumuskannya pada Tabel 3.4 sebagai berikut:

**Tabel 3.4 Nilai Koefisien Efisiensi Kerja**

Kondisi Operasi Alat Berat	Pemeliharaan Mesin				
	Sangat Baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat Buruk
<b>Baik Sekali</b>	0,83	0,81	0,76	0,70	0,63
<b>Baik</b>	0,78	0,75	0,71	0,65	0,60
<b>Sedang</b>	0,72	0,69	0,65	0,60	0,54
<b>Buruk</b>	0,63	0,61	0,57	0,52	0,45
<b>Buruk Sekali</b>	0,52	0,50	0,47	0,42	0,32

(Sumber: Rochmanhadi, 1986)

Produktifitas dapat diartikan dengan hasil kerja yang diperoleh dibandingkan dengan waktu pelaksanaan pekerjaan. Produktifitas juga dikatakan sebagai koefisien untuk pekerjaan untuk menghitung harga satuan pekerjaan. Menurut Syarif (1991) hasil untuk output dan input dalam produktifitas dapat dinyatakan dalam beberapa bentuk antara lain:

1. Output
  - a. Jumlah satuan produk/jasa
  - b. Nilai rupiah Produk/jasa
  - c. Nilai tambah
  - d. Jumlah pekerjaan/pekerja

- e. Jumlah laba kotor
2. Input
- a. Jumlah waktu
  - b. Jumlah tenaga kerja
  - c. Jumlah jam-orang (man-hour)
  - d. Jumlah jam mesin
  - e. Jumlah biaya tenaga kerja
  - f. Jumlah biaya penyusutan dan perawatan mesin
  - g. Jumlah material
  - h. Jumlah biaya material
  - i. Jumlah seluruh biaya perusahaan
  - j. Jumlah luas tanah

### 3.10.1 Durasi Pekerjaan

Menurut Fajarwati (2006) “Durasi proyek secara umum didefinisikan sebagai jumlah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan seluruh pekerjaan proyek”. Menurut Soeharto (1995) durasi kegiatan dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

$$\text{Durasi} = \frac{\text{Volume}}{\text{Produktifitas perhari}} \quad (3.18)$$

Durasi pekerjaan memiliki beberapa faktor antara lain sebagai berikut:

1. Volume Pekerjaan
2. Metode Kerja
3. Keadaan Lapangan
4. Keterampilan Tenaga Kerja

Durasi pekerjaan selalu berhubungan dengan empat hal tersebut, sebagai contoh apabila suatu proyek konstruksi memiliki lahan seluas 1 hektar belum tentu durasi pekerjaannya lebih cepat dibandingkan dengan yang memiliki luas lahan 2 hektar karena tergantung dengan bagaimana kondisi di lapangan, penggunaan metode kerja yang diterapkan dan tingkat keterampilan tenaga kerja yang digunakan.

### 3.11 Rencana Anggaran Biaya

Menurut Djojowirono (1984), “rencana anggaran biaya merupakan perkiraan biaya yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dalam suatu proyek konstruksi sehingga akan diperoleh biaya total yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek”. Sedangkan menurut Ibrahim (1993), “rencana anggaran biaya (begrooting) suatu bangunan atau proyek adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya lainnya yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut”. Berdasarkan dengan definisi diatas maka dapat disimpulkan bahwa rencana anggaran biaya (RAB) merupakan perkiraan perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan yang mencakup biaya bahan, alat, dan upah beserta dengan biaya lainnya yang berhubungan dengan pelaksanaan suatu proyek.

Pembuatan anggaran biaya umumnya dilakukan sebelum suatu proyek konstruksi dilaksanakan, oleh karena itu disebut dengan rencana. Besarnya jumlah anggaran yang dikeluarkan pada bangunan yang sama tentunya akan berbeda di masing-masing daerah, perbedaan yang dimaksud terjadi disebabkan oleh perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja. Menurut Sastraatmadja (1984), menyatakan bahwa rencana anggaran biaya dibagi menjadi 2 macam, rencana anggaran biaya kasar dan rencana anggaran biaya terperinci.

#### 1. Rencana Anggaran Biaya Kasar

Rencana anggaran biaya kasar merupakan rencana anggaran biaya sementara yang jenis pekerjaannya dihitung tiap ukuran luas. Anggaran biaya kasar pada umumnya menggunakan harga satuan per meter persegi ( $m^2$ ). Faktor yang mempengaruhi perhitungan anggaran biaya kasar seperti jenis bangunan, jumlah lantai, jenis konstruksi, luas bangunan, dan lokasi. Anggaran biaya kasar lebih sulit dikontrol pengeluarannya, hal ini disebabkan oleh tidak diketahui harga per item pekerjaan.

## 2. Rencana Anggaran Terperinci

Rencana anggaran terperinci lebih detail dibandingkan dengan rencana anggaran kasar. Penyusunan anggaran terperinci disusun dengan detail dan cermat berdasarkan urutan pekerjaan per item. Dalam anggaran terperinci terdapat spesifikasi mutu bahan dan syarat-syarat pekerjaan, volume item, dan harga satuan berdasarkan analisa *Burgelijke Openbare Welken* (BOW).

Dalam proses penyusunan anggaran biaya dilakukan secara runtut dalam beberapa tahapan perhitungan berdasarkan gambar dan syarat-syarat analisa pekerjaan.

Biaya (anggaran) merupakan jumlah dari hasil perhitungan tiap volume dari setiap jenis pekerjaan dikalikan dengan harga satuan pekerjaan. Sehingga dapat dituliskan ke dalam rumus berikut ini :

$$\text{RAB} = \Sigma \text{ volume} \times \text{AHS} \quad (3.17)$$

Keterangan :

RAB : Rencana anggaran biaya

$\Sigma$  Volume : Jumlah volume pekerjaan yang dihitung

AHS : Analisis harga satuan pekerjaan

### 3.12 Biaya Proyek

Dalam perencanaan suatu proyek konstruksi membutuhkan biaya dalam pelaksanaannya. Secara umum biaya di proyek konstruksi dibedakan menjadi 2 macam, yaitu biaya langsung (*Direct Cost*) dan biaya tidak langsung (*Indirect Cost*).

#### 3.12.1 Biaya Langsung (*Direct Cost*)

Secara umum biaya langsung merupakan seluruh biaya yang langsung berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan proyek konstruksi di lapangan. Menurut Malik (2012), biaya langsung dapat berupa sebagai berikut:

1. Biaya untuk Bahan Material

Perhitungan biaya langsung terdapat biaya untuk bahan material. Dalam pelaksanaannya perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- a. Pemilihan bahan material harus sesuai dengan spesifikasi dan kualitas yang memenuhi persyaratan.
- b. Memperoleh harga terbaik dengan spesifikasi dan kualitas yang sesuai dengan syarat.
- c. Meminimalisir bahan sisa yang tidak terpakai (*waste*).
- d. Sistem pembayaran kepada penjual.

## 2. Biaya untuk upah tenaga kerja

Untuk memperhitungkan biaya langsung terkait upah tenaga kerja perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- a. Upah tenaga kerja dibedakan menjadi upah harian, borong perunit atau borong keseluruhan.
- b. Pemilihan tarif tenaga kerja harus disesuaikan berdasarkan kemampuan dan kapasitas kerjanya.
- c. Penentuan sumber daya untuk tenaga kerja dapat dipakai dari daerah sekitar proyek atau tidak. Penggunaan tenaga kerja yang berada di luar daerah proyek, maka ada biaya tambahan seperti biaya transportasi.
- d. Memperhatikan terkait undang-undang tenaga kerja atau buruh yang sedang berlangsung.

## 3. Biaya untuk alat

Untuk memperhitungkan biaya langsung terkait alat perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- a. Apabila menggunakan peralatan dengan sewa maka perlu diperhatikan biaya tenaga kerja yang mengoperasikan peralatan dan biaya operasional lainnya
- b. Apabila membeli peralatan maka perlu untuk memperhatikan faktor investasi, reparasi dan pemeliharaan.

### 3.12.2 Biaya Tidak Langsung (*Indirect Cost*)

Menurut Sastroatmadja (1984), “Biaya tak langsung merupakan biaya yang tidak berhubungan secara langsung dengan proyek konstruksi, tetapi harus ada dan tidak dapat ditiadakan dari proyek. Macam-macam biaya tak langsung diantaranya:

#### 1. Biaya *Overhead*

Berdasarkan dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 11/PRT/M/2013 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum, perhitungan biaya *overhead* berdasarkan presentase dari biaya langsung yang jumlahnya berdasarkan durasi pekerjaan. Besaran tingkat bunga yang berlaku sesuai dengan ketentuan yang masih berlaku. Biaya *overhead* dibedakan menjadi 2 jenis, antara lain sebagai berikut:

##### a. *Overhead* Proyek (lapangan)

Biaya *overhead* proyek merupakan biaya yang diperlukan dalam kebutuhan di lapangan, seperti biaya personil dan lain sebagainya.

##### b. *Overhead* kantor

Biaya *overhead* kantor adalah biaya oprasional dalam menjalankan kantor tersebut yang berupa sewa kantor, ijin usaha, dan lain sebagainya.

#### 2. Biaya Tak Terduga

Biaya tak terduga merupakan biaya tak langsung untuk mengetahui besaran kemungkinan-kemungkinan yang terjadi amupun tidak. Rentang nilai pada biaya tak terduga umumnya antara 0,5-5% dari total biaya proyek. Yang dimaksud dengan biaya tak terduga seperti naiknya muka air tanah, lonsor dan lain sebagainya.

#### 3. Biaya Profit

Biaya profit atau yang biasa disebut dengan keuntungan tentunya berbeda dengan gaji. Biaya profit atau keuntungan merupakan hasil jerih payah dari keahlian, ditambah dengan hasil dari faktor resiko. Keuntungan sudah termasuk dengan biaya resiko yang terjadi selama waktu pengerjaan dan pemeliharaan.

## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

#### **4.1 Definisi**

Menurut Sukandarrumidi (2012) “metode penelitian merupakan cara utama yang digunakan peneliti untuk mencapai tujuan dan menentukan jawaban atas masalah yang diajukan.”

Menurut Creswell dan Clark (2011) mengatakan bahwa “metode campuran (kualitatif dan kuantitatif) adalah penelitian yang menggabungkan pendekatan kualitatif dan kuantitatif dalam setiap fase proses penelitian termasuk dari segi pedoman mengumpulkan dan menganalisis data.” Penelitian dengan metode campuran umumnya dilakukan dengan tujuan utama yaitu menggabungkan komponen penelitian kualitatif dan kuantitatif guna memperluas dan memperkuat kesimpulan penelitian. Dalam perkembangan akhir-akhir ini, metode penelitian deskriptif juga banyak dilakukan oleh para peneliti karena beberapa alasan, seperti untuk lebih memahami masalah penelitian dengan mentriangulasi data kuantitatif yang berupa angka dan data kualitatif yang berupa perincian deskriptif dan metode campuran sangat berguna untuk mendapatkan variasi permasalahan yang berkaitan dengan bidang pendidikan maupun tingkah laku manusia.

#### **4.2 Subjek dan Objek Penelitian**

Subjek menurut Arikunto (2010) “suatu tempat dimana data untuk variabel penelitian diperoleh dan ditentukan dalam kerangka pemikiran”. Subjek pada penelitian ini merupakan gedung rumah sakit akademik Universitas Islam Indonesia yang berlokasi di Jalan Srandakan KM. 5,5 Bantul, Yogyakarta. Sedangkan objek menurut Arikunto (2010) “sesuatu yang merupakan inti dari problematika penelitian”. Objek pada penelitian ini merupakan pekerjaan pondasi pada proyek pembangunan gedung rumah sakit akademik Universitas Islam Indonesia. Berikut lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 4.1



**Gambar 4.1 Denah Lokasi Rumah Sakit Akademik Universitas Islam Indonesia**

(Sumber: Google Earth)

### 4.3 Proses Penelitian

Dalam penelitian ini proses penelitian dibagi menjadi beberapa tahapan. Tahapan penelitian tersebut akan diuraikan sebagai berikut.

#### 4.3.1 Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data merupakan tahapan paling awal dari suatu proses penelitian. Pada tahap ini terdiri oleh pencarian dan pengumpulan data proyek. Data proyek dapat diperoleh dari konsultan maupun kontraktor yang menangani pada saat pembangunan gedung rumah sakit akademik Universitas Islam Indonesia. Selain mendapatkan data proyek dari kontraktor, dilakukan kajian pustaka melalui jurnal ilmiah, buku pustaka, internet serta peraturan-peraturan yang dapat dijadikan sebagai bahan referensi dalam penelitian ini.

Data penelitian menurut arikunto (2010) “data didefinisikan sebagai semua fakta dan angka-angka yang dapat dijadikan bahan untuk menyusun sebuah informasi”. Pada penelitian ini digunakan beberapa data yang dikelompokkan sebagai berikut.

#### 1. Data primer

Menurut Sugiyono (2016) “ data primer merupakan sumber data yang langsung memberikan data kepada pengumpul data. Sumber data primer didapatkan melalui kegiatan wawancara dengan subjek penelitian dan

dengan observasi atau pengamatan langsung di lapangan.” Data primer pada penelitian ini dapat berupa wawancara dengan para ahli, desain gambar, dan metode pelaksanaan pada pekerjaan pondasi. Proses wawancara dilakukan dengan para praktisi di lapangan yang ahli dalam bidang pekerjaan metode pondasi. Wawancara dilakukan dengan narasumber bapak Heri Rushendi sebagai pelaksana pada saat pelaksanaan proyek rumah sakit UII. Wawancara dilakukan kepada bapak Rio Marzoli sebagai praktisi yang ahli dalam pekerjaan pemancangan pondasi. Wawancara dilakukan untuk mengetahui keadaan lapangan dan metode yang digunakan dalam pelaksanaan metode pondasi.

2. Data sekunder

Menurut Arikunto (2013) “ data sekunder adalah data yang diperoleh dari dokumen grafis (tabel, catatan, notulen rapat, SMS dan lain-lain), foto-foto, film, rekaman video, maupun benda lain yang dapat memperkaya data primer”. Data sekunder pada penelitian ini berupa gambar teknik proyek, analisis harga satuan kota Yogyakarta tahun terbaru, spesifikasi teknik, peraturan-peraturan bangunan gedung dari Dinas pekerjaan umum dan data lain yang dapat digunakan untuk mendukung data primer.

#### **4.3.2 Metode Pengumpulan Data**

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan sebagai berikut.

1. Metode pengumpulan data primer

Pengumpulan data primer pada penelitian ini dilakukan dengan melakukan wawancara langsung kepada konsultan ataupun pelaksana pada saat proyek tersebut berlangsung. Observasi ke lokasi gedung juga dilakukan untuk mengetahui secara langsung kondisi di lapangan. .

2. Metode pengumpulan data sekunder

Pengumpulan data sekunder pada penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan data proyek seperti gambar teknis, Analisis Harga Satuan (AHS), dan kriteria desain yang didapatkan dari konsultan ataupun perencana yang menangani proyek tersebut.

### 4.3.3 Perancangan Pondasi

Menurut Hardiyatmo (2010), langkah-langkah perencanaan pondasi adalah sebagai berikut.

1. Menentukan jumlah beban efektif yang akan ditransfer ke tanah di bawah pondasi. Untuk perancangan tulangan, perlu ditentukan besarnya beban mati dan beban hidup, kemudian beban-beban tersebut harus dikalikan faktor-faktor pengali tertentu menurut peraturan yang berlaku.
2. Menentukan kapasitas dukung ijin ( $q_a$ ). Luas dasar pondasi secara pendekatan ditentukan dari membagi jumlah beban efektif dengan kapasitas dukung ijin ( $q_a$ ).
3. Menghitung momen lentur dan gaya geser yang terjadi.

### 4.3.4 Analisis pembebanan

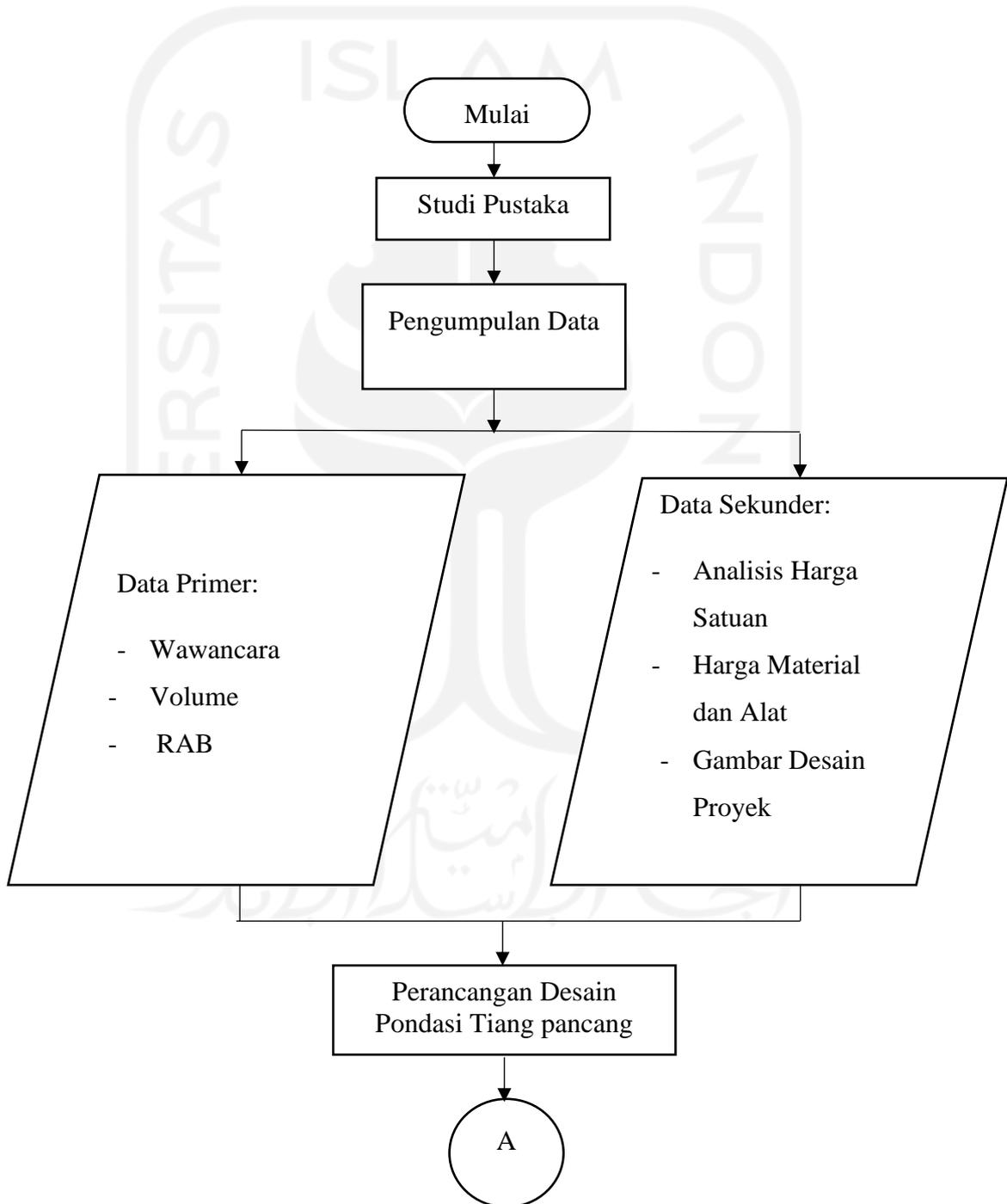
Analisis pembebanan digunakan untuk mengetahui seberapa besar beban yang akan diterima oleh pondasi. Pada penelitian ini analisis menggunakan aplikasi ETABS. Aplikasi ini diperlukan guna mengetahui gaya beban yang bekerja pada struktur bangunan gedung meliputi gaya aksial, gaya geser, dan momen yang digunakan sebagai data untuk analisis pondasi tiang pancang. Hasil perhitungan dari aplikasi ETABS versi 18 digunakan sebagai analisis tiang pancang menggunakan metode Reese and Wright.

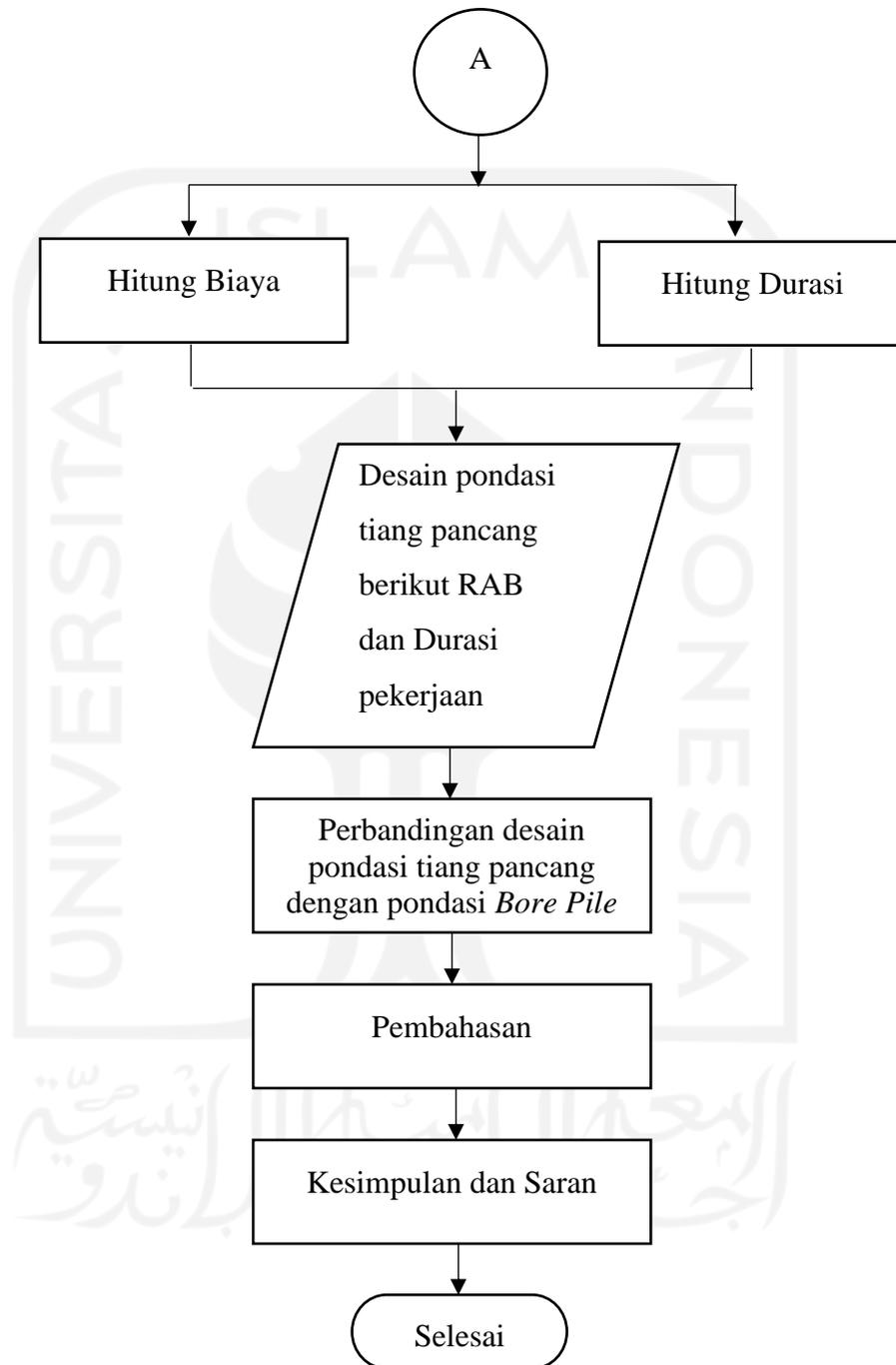
### 4.3.5 Perbandingan dengan pondasi *existing*

Evaluasi pada pekerjaan pondasi dilakukan berdasarkan efektifitas durasi pekerjaan dan efisiensi biaya. Perencanaan pada pondasi tiang pancang dibandingkan dengan pondasi *existing*. Perbandingan dilakukan berdasarkan hasil perhitungan biaya dan perhitungan durasi pekerjaan. Perhitungan biaya dan durasi pekerjaan menggunakan AHS pada tahun 2016 saat proyek dilaksanakan, bertujuan untuk mendapatkan hasil perhitungan yang sesuai ketika dibandingkan dengan pondasi *existing*.

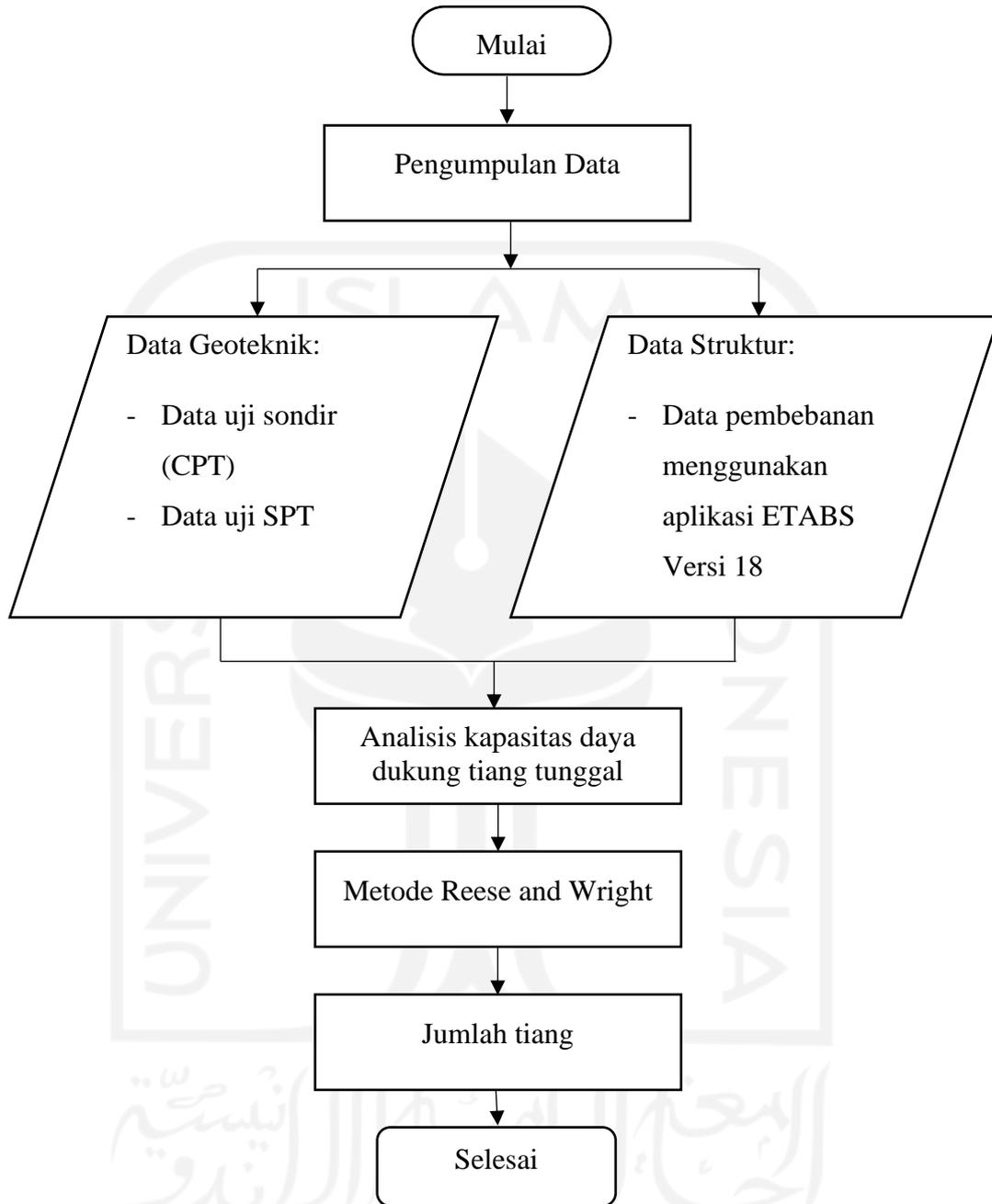
#### 4.4 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir (*flow chart*) merupakan sebuah diagram dengan simbol garis yang terhubung dan menyatakan urutan proses untuk menampilkan langkah-langkah penelitian. Bagan alir penelitian dan bagan alir perancangan pondasi yang akan dilakukan dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 berikut:





**Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian**



**Gambar 4.3 Bagan Perancangan Pondasi**

## **BAB V**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **5.1 Data Gedung**

Gedung rumah sakit Universitas Islam Indonesia terletak di Jalan Srandakan, Pandak, Bantul, Yogyakarta. Gedung rumah sakit UII terdiri dari 7 lantai dengan menggunakan struktur beton bertulang.

##### **5.1.1 Data Umum**

Data proyek pada saat pembangunan gedung rumah sakit UII sebagai berikut:

1. Nama Proyek : Pembangunan Gedung Rumah Sakit UII
2. Pemilik Proyek : Yayasan Badan Wakaf UII
3. Kontraktor : Swakelola PYBW UII
4. Perencana : Swakelola PYBW UII
5. Konsultan Pengawas : Swakelola PYBW UII
6. Lokasi Proyek : Jl. Srandakan Km 5,5 Pandak, Bantul.
7. Konstruksi Bagian Atas : Beton Bertulang
8. Konstruksi Bagian Bawah : Bored Pile
9. Biaya Pekerjaan *Bored Pile* : Rp. 4.012.401.948
10. Durasi Pekerjaan *Bored Pile* : 75 hari (14 jam/hari)  
: 132 hari (8 jam/hari)

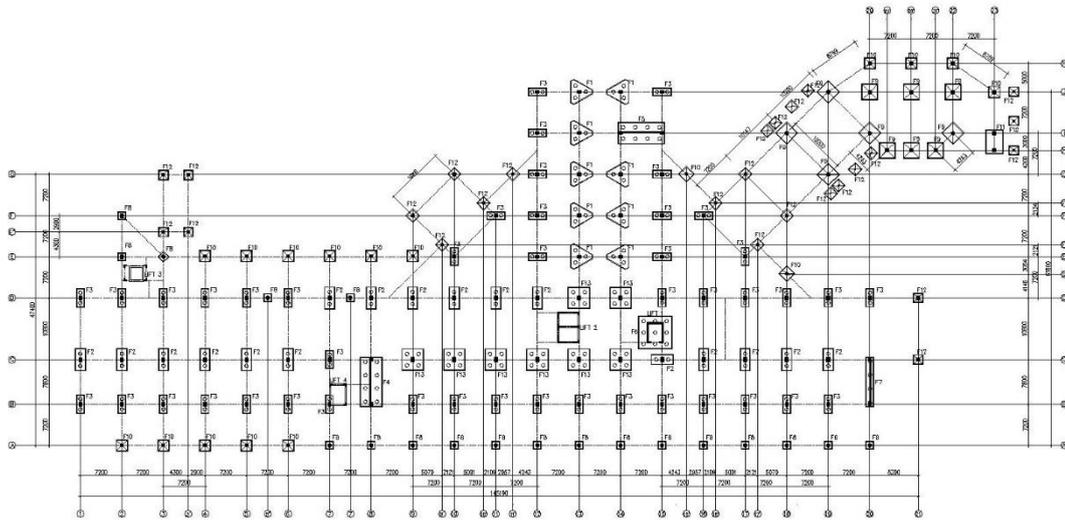
##### **5.1.2 Spesifikasi Material**

Proyek pembangunan gedung rumah sakit UII menggunakan material sebagai berikut:

1. Beton dengan mutu  $f_c'$  sebesar 30 Mpa, dan
2. Baja dengan Mutu  $f_y$  sebesar 240 Mpa

### 5.1.3 Denah Konstruksi

Denah gedung Rumah Sakit UII dapat dilihat pada gambar 5.1 berikut:



**Gambar 5.1 Denah Gedung Rumah Sakit UII**

(Sumber: Yayasan Badan Wakaf UII Yogyakarta, 2015)

### 5.1.4 Data Struktur

Rumah sakit UII terdiri dari struktur atas dan struktur bawah. Struktur atas berupa struktur beton bertulang sedangkan untuk struktur bawah menggunakan pondasi *bore pile*. Penelitian ini akan membandingkan antara pondasi *bore pile* (*existing*) dengan tiang pancang dari segi efektifitas pekerjaan dan efisiensi biaya.

Struktur atas (*upper structure*) merupakan seluruh bagian struktur yang berada di atas permukaan tanah. Struktur atas pada bangunan gedung rumah sakit UII terdiri dari kolom, balok, pelat, dan atap.

#### 1. Kolom

Menurut SK SNI T-15-1991-03 kolom merupakan “struktur bangunan utama yang memiliki fungsi menyangga beban aksial tekan vertical dengan bagian yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil”. Kolom akan menampung beban kemudian meneruskan ke pondasi dan ditransfer ke dalam tanah. Gedung rumah sakit UII menggunakan kolom beton bertulang berbentuk persegi dengan mutu beton  $f'c$  sebesar 30 Mpa.

## 2. Balok

Balok merupakan komponen struktur yang tugas utamanya menumpu lantai dan pengikat lantai atas. Balok juga memiliki fungsi untuk mentransfer beban menuju kolom sebelum diteruskan ke pondasi. Gedung rumah sakit UII menggunakan balok dengan mutu beton  $f'c$  sebesar 30 Mpa.

## 3. Pelat

Pelat merupakan bagian struktur atas yang berfungsi sebagai pendukung beban vertikal yang sisinya ditopang oleh balok.

Struktur bawah merupakan bagian struktur dari bangunan yang terletak dibawah permukaan tanah. Gedung rumah sakit UII memiliki struktur bawah berupa basement dan pondasi *bore pile*.

### 1. Basement

Basement merupakan lantai dasar dalam suatu gedung yang terletak di bawah permukaan tanah. Gedung rumah sakit UII memiliki lantai basement yang berfungsi sebagai tempat parkir.

### 2. Pondasi

Menurut Terzaghi (1987) pondasi merupakan “Bagian dari suatu bangunan yang berfungsi untuk meneruskan berat bangunan tersebut ke tanah dimana bangunan itu berdiri. Gedung rumah sakit UII menggunakan pondasi dengan jenis tiang bor dan pondasi telapak.

## 5.2 Pembebanan

Pembebanan struktur meliputi struktur atas gedung rumah sakit UII yang terdiri dari beban mati, beban hidup, dan beban gempa.

### 5.2.1 Pembebanan Struktur

#### 1. Beban Mati

Berdasarkan SNI 1727: 2013 “beban mati merupakan berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafond, tangga, dinding partisi tetap, finishing, cladding gedung dan komponen srsitektural dan structural lainnya serta peralatan layan terpasang

termasuk keran". Ketika proses pembangunan gedung rumah sakit UII menggunakan acuan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983, dengan berat sebagai berikut:

**Tabel 5.1 Beban Mati pada Lantai**

No	Material	Berat Satuan (kN/m <sup>2</sup> )
1	Beton Bertulang	24
2	Dinding ½ Batu	2,5
3	Plafond, Rangka, Penggantung	0,2
4	Pasir	18
5	Usuk, Reng, Genteng	0,5

(Sumber: SNI, 1727-2013)

## 2. Beban Hidup

Beban hidup gedung rumah sakit UII disesuaikan dengan fungsi ruangan. Untuk rumah sakit QL = 300 kg/m<sup>2</sup> dan ruang pertemuan QL = 450 kg/m<sup>2</sup>.

## 3. Beban Gempa

Gedung rumah sakit UII terletak di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta yang berfungsi sebagai rumah sakit dengan tipe tanah lunak mengacu kepada SNI-03-1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung.

### 5.2.2 Peraturan Pembebanan

Peraturan pembebanan yang digunakan pada saat pembangunan rumah sakit uii sebagai acuan dalam perencanaan pembebanan struktur adalah sebagai berikut:

1. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983.
2. SNI-2847-2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.
3. SNI-1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung.
4. SNI\_03-1729-2002 tentang tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung.
5. Peta Hazard Gempa Indonesia Tahun 2012.

### 5.2.3 Kombinasi Pembebanan

Perencanaan pembebanan gedung rumah sakit UII menggunakan dua jenis kombinasi pembebanan yaitu kondisi beban tetap dan kondisi beban gempa. Kombinasi pembebanan yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

1. Combo 1 = 1,4D
2. Combo 2 = 1,2D + 1,6L
3. Combo 3 = 1.356D + 1L + 0,39Q<sub>ex</sub> + 1,3Q<sub>ey</sub>
4. Combo 4 = 1,284D + 1L - 0,39Q<sub>ex</sub> + 1,3Q<sub>ey</sub>
5. Combo 5 = 1,116D + 1L + 0,39Q<sub>ex</sub> - 1,3Q<sub>ey</sub>
6. Combo 6 = 1,044D + 1L - 0,39Q<sub>ex</sub> - 1,3Q<sub>ey</sub>
7. Combo 7 = 1,356D + 1L + 1,3Q<sub>ex</sub> + 0,39Q<sub>ey</sub>
8. Combo 8 = 1,284D + 1L + 1,3Q<sub>ex</sub> - 0,39Q<sub>ey</sub>
9. Combo 9 = 1,116D + 1L - 1,3Q<sub>ex</sub> + 0,39Q<sub>ey</sub>
10. Combo 10 = 1,044 + 1L - 1,3Q<sub>ex</sub> - 0,39Q<sub>ey</sub>
11. Combo 11 = 0,744D + 0,39Q<sub>ex</sub> + 1,3Q<sub>ey</sub>
12. Combo 12 = 0,816D - 0,39Q<sub>ex</sub> + 1,3Q<sub>ey</sub>
13. Combo 13 = 0,984D + 0,39Q<sub>ex</sub> - 1,3Q<sub>ey</sub>
14. Combo 14 = 1,056D - 0,39Q<sub>ex</sub> - 1,3Q<sub>ey</sub>
15. Combo 15 = 0,744D + 1,3Q<sub>ex</sub> + 0,39Q<sub>ey</sub>
16. Combo 16 = 0,816D + 1,3Q<sub>ey</sub> - 0,39Q<sub>ey</sub>
17. Combo 17 = 0,984D - 1,3Q<sub>ey</sub> + 0,39Q<sub>ey</sub>
18. Combo 18 = 1,056D - 1,3Q<sub>ey</sub> - 0,39Q<sub>ey</sub>

Keterangan:

- D = Beban Mati  
 L = Beban Hidup  
 Ex = Beban Gempa Arah x  
 Ey = Beban Gempa Arah y

### 5.3 Data Karakteristik Tanah

Penelitian yang di lakukan di lokasi rumah sakit UII didapatkan secara geologis bahwa daerah tersebut merupakan daerah dengan jenis tanah pasir. Penyelidikan

tanah dilakukan dengan pengeboran dan pengujian sampel di laboratorium. Selain pengujian di laboratorium, juga dilakukan pengujian dengan metode Standart Penetration Test (SPT). Pengujian tersebut dilakukan pada titik bor BM-1. Berikut merupakan hasil pemboran pada titik bor BM-1 dapat dilihat pada Tabel 5.2.

**Tabel 5.2 Hasil Pemboran di Titik Bor BM-1**

<b>Kedalaman (m)</b>	<b>Jenis Tanah/Batuan</b>
0,00 – 0,30	Lanau berpasir halus, abu-abu kecoklatan
0,30 – 0,80	Pasir sedang abu-abu kehitaman, kepadatan padat
0,80 – 1,30	Pasir halus berlanau abu-abu kecoklatan, kepadatan padat
1,30 – 4,70	Pasir sedang abu-abu kehitaman, kepadatan sedang hingga padat
4,70 – 5,00	Lanau berpasir halus, abu-abu kecoklatan, konsistensi kenyal ( <i>stiff</i> )
5,00 – 5,60	Pasir sedang abu-abu kehitaman, kepadatan padat
5,60 – 17,00	Lanau berpasir halus abu-abu kecoklatan, konsistensi kenyal ( <i>stiff</i> ) hingga sangat kenyal ( <i>very stiff</i> )
17,00 – 19,00	Lempung berlanau hitam, konsistensi hingga sangat kenyal ( <i>very stiff</i> )
19,00 – 20,50	Lempung berlanau mengandung kerikil coklat kekuningan bercak putih, konsistensi sangat kenyal ( <i>very stiff</i> ) hingga keras

**Lanjutan Tabel 5.2 Hasil Pemboran di Titik Bor BM-1**

<b>Kedalaman (m)</b>	<b>Jenis Tanah/Batuan</b>
20,50 – 24,50	Pasir sedang hingga kasar berkerikil, abu-abu kehitaman, kepadatan padat hingga sangat keras
24,50 – 26,50	Pasir kasar berkerikil dijumpai boulder bulat, abu-abu kehitaman, kepadatan padat hingga sangat keras

(Sumber: Laboratorium Mekanika Tanah Program Studi Sipil FTSP UII, 2015)

Hasil pengujian SPT di lapangan pada titik bor BM-1 dapat dilihat pada tabel 5.2 sebagai berikut.

**Tabel 5.3 Data Hasil Pengujian *Standard Penetration Test* (SPT)**

<b>Kedalaman (m)</b>	<b>N-SPT</b>
0,00	0
2,00	27
4,00	25
6,00	27
8,00	43
10,00	32
12,00	40
14,00	12
16,00	22
18,00	16
20,00	82
22,00	100
24,00	74
26,00	57

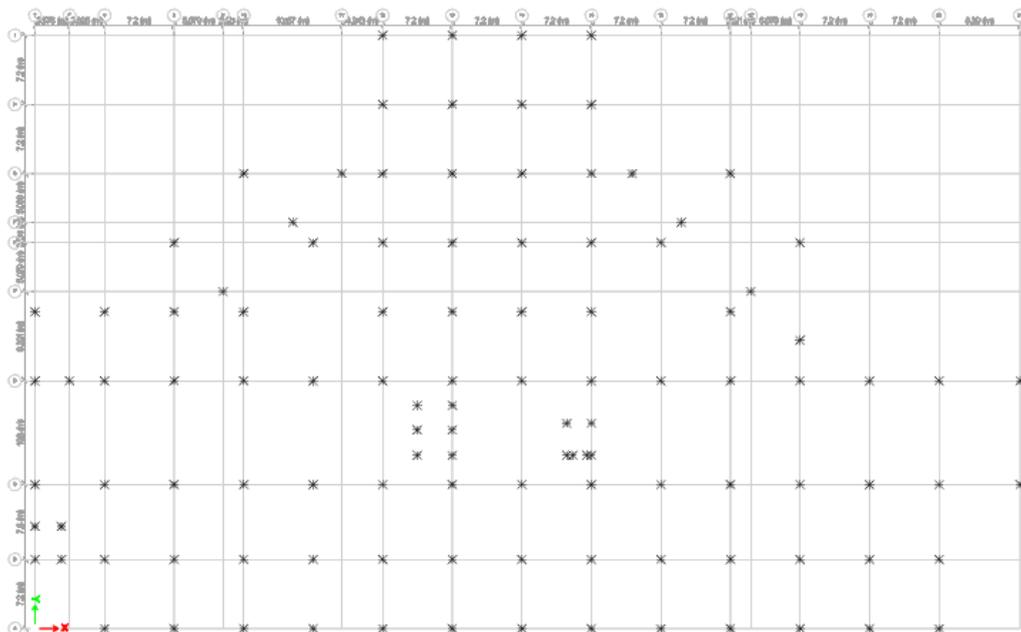
(Sumber: Laboratorium Mekanika Tanah Program Studi Sipil FTSP UII, 2015)

#### 5.4 Desain Pondasi Tiang Pancang

Perhitungan analisis pembebanan menggunakan Etabs ver18. Hasil yang didapat dari analisis pembebanan merupakan beban aksial, momen x dan momen y di setiap jenis kelompok tiang dalam perencanaannya. Berikut merupakan permodelan menggunakan Etabs dapat dilihat pada gambar 5.2 sebagai berikut:



**Gambar 5.2 Permodelan Pembebanan Struktur Menggunakan Etabs**



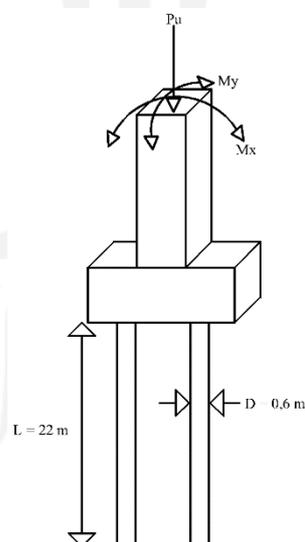
**Gambar 5.3 Titik Peletakan Pondasi**

Rekapan beban setiap jenis kelompok pondasi dapat dilihat pada tabel 5.4 Berikut.

**Tabel 5.4 Rekapitulasi *Output* Pembebanan ETABS**

<b>Tipe Pondasi</b>	<b>Beban Aksial (kN)</b>	<b>Momen X (kN.m)</b>	<b>Momen Y (kN.m)</b>
F1	3302,3201	17,4884	55,1733
F2	4347,786	165,4738	50,9561
F3	3670,0355	167,5019	52,3835
F4	6890,4487	1058,5849	98,757
F5	5834,326	54,3448	594,9158
F6	5570,7852	367,6628	215,2791
F7	3019,4391	1145,1477	90,5065
F8	876,2327	50,8811	26,5596
F13	4212,6941	121,6685	50,8679

Sketsa desain pondasi tiang pancang dapat dilihat pada gambar 5.2 berikut:



**Gambar 5.4 Desain Pondasi Tiang Pancang**

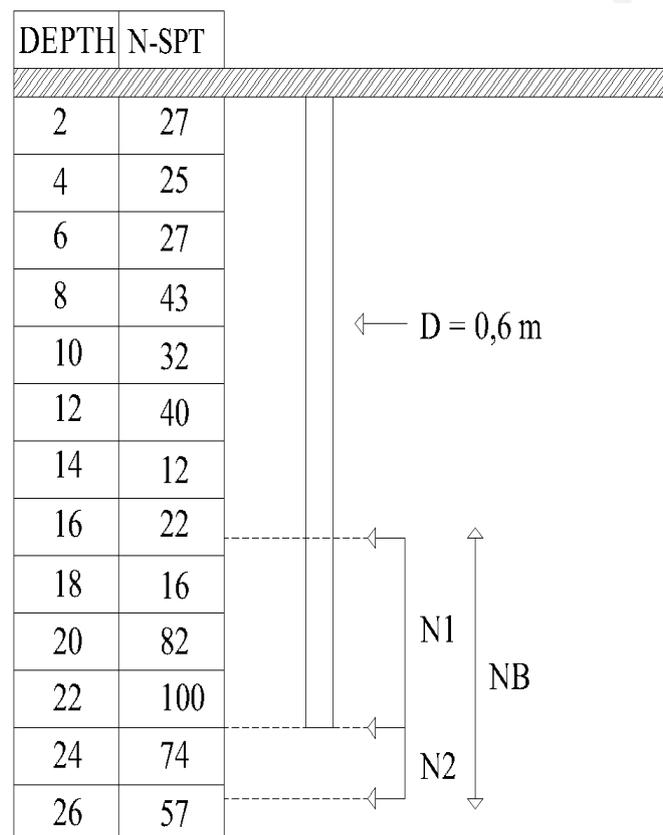
### 5.4.1 Kapasitas Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Hasil Uji SPT

Perhitungan kapasitas daya dukung tiang pancang menggunakan metode *reese and wright* dengan diameter tiang 0,6 m yang semula 0,8 m. Nilai N-SPT yang dihitung adalah sampai kedalaman 22 m sesuai dengan kedalaman pondasi.

#### 1. Tiang Pancang tipe pondasi F1

##### a. Kapasitas Dukung Ujung Tiang

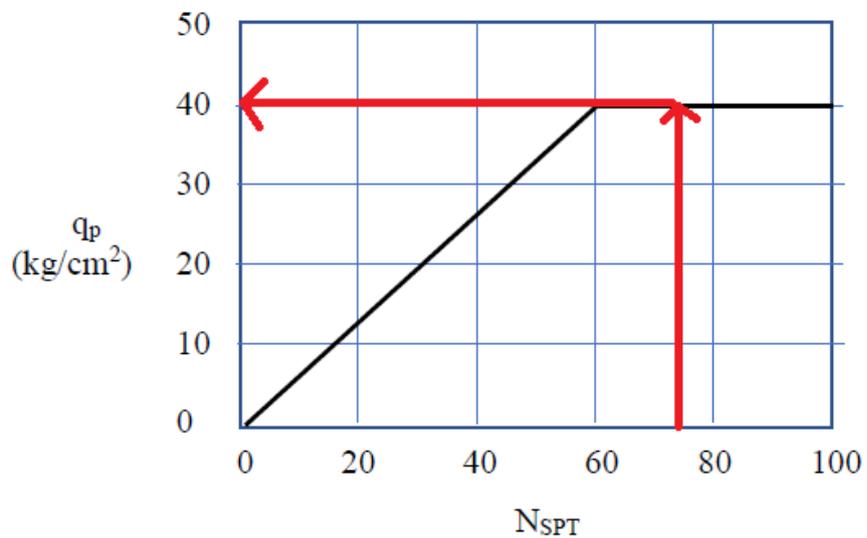
Letak N1 dan N2 pada tiang diameter 0,6 m dapat dilihat pada gambar 5.5.



**Gambar 5.5 Letak N1 dan N2 pada Tiang Diameter 0,6 M Tipe F1**

$$\begin{aligned}
 N1 &= 8D \\
 &= 8 \times 0,6 \\
 &= 4,8 \text{ m} \\
 &= \frac{(0,8 \times 16) + (2 \times 80) + (2 \times 100)}{4,8} \\
 &= 77,667 \\
 N2 &= 4D
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 4 \times 0,6 \\
 &= 2,4 \text{ m} \\
 &= \frac{(2 \times 74) + (0,4 \times 57)}{2,4} \\
 &= 71,167 \\
 \text{N-SPT} &= \frac{N_1 + N_2}{2} \\
 &= \frac{77,667 + 71,167}{2} \\
 &= 74,4167
 \end{aligned}$$



**Gambar 5.6 Grafik Nilai  $q_p$  Data NSPT**

$$q_p = 40 \text{ kg/cm}^2 \times 98,0665$$

$$= 3922,66 \text{ kN/m}^2$$

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,6^2$$

$$= 0,283 \text{ m}^2$$

$$Q_p = q_p \times A_b$$

$$= 3922,66 \times 0,283$$

$$= 1109,105 \text{ kN}$$

## b. Kapasitas Dukung Selimut Tiang

$$\begin{aligned}
 N\text{-SPT} &= \frac{\Sigma(h.NSPT)}{\Sigma h} \\
 &= \frac{(2 \times 27) + (2 \times 25) + (2 \times 27) + (2 \times 43) + (2 \times 32) + (2 \times 40) +}{22} \\
 &\quad \frac{(2 \times 12) + (2 \times 22) + (2 \times 16) + (2 \times 80) + (2 \times 100)}{22}
 \end{aligned}$$

$$= 38,545$$

$$K = \pi \times D$$

$$= \pi \times 0,6$$

$$= 1,885$$

$$Q_s = N\text{-SPT} \times K \times L$$

$$= 38,545 \times 1,885 \times 22$$

$$= 1598,442 \text{ kN}$$

## c. Kapasitas Dukung Ultimit Tiang

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$= 1109,105 + 1598,44243$$

$$= 2707,548 \text{ kN}$$

## d. Kapasitas Dukung Ijin Tiang

$$Q_a = \frac{Q_u}{SF} - \left( \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times L \times p_{\text{beton}} \right)$$

$$= \frac{2707,548}{3} - \left( \frac{1}{4} \times \pi \times 0,6^2 \times 22 \times 24 \right)$$

$$= 753,227 \text{ kN}$$

## e. Jumlah Tiang

$$n = \frac{P_u}{Q_a}$$

$$= 3302,321 / 753,227$$

$$= 4,384 \approx 5 \text{ Tiang}$$

$$s = 2,5 \times D$$

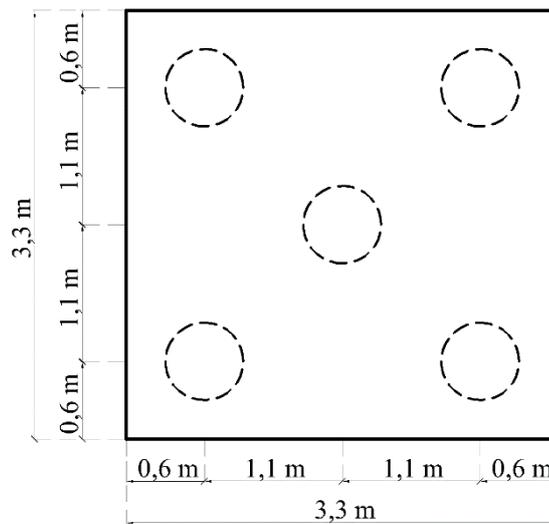
$$= 2,5 \times 0,6$$

$$= 1,5 \text{ m}$$

## f. Susunan Kelompok Tiang

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak as ke tepi} &= 1 \times D \\
 &= 1 \times 0,6 \\
 &= 0,6 \text{ m} \\
 s &= 1,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Susunan pondasi tipe F1 dapat dilihat pada gambar 5.7 Sebagai berikut:

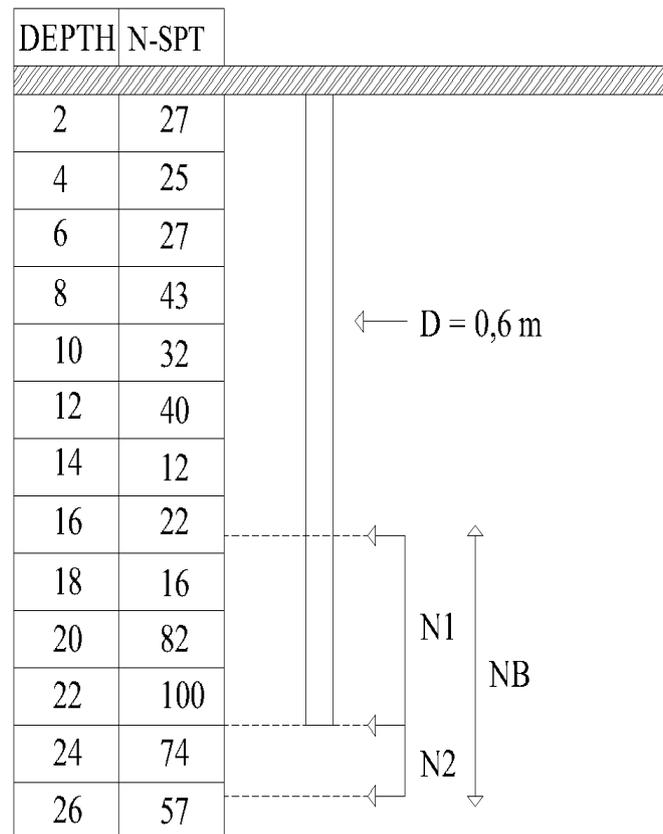


**Gambar 5.7 Susunan Tiang Pancang Tipe F1**

2. Tiang Pancang tipe pondasi F2

a. Kapasitas Dukung Ujung Tiang

Letak N1 dan N2 pada tiang diameter 0,6 m dapat dilihat pada gambar 5.8



**Gambar 5.8 Letak N1 dan N2 pada Tiang Diameter 0,6 M Tipe F2**

$$\begin{aligned}
 N1 &= 8D \\
 &= 8 \times 0,6 \\
 &= 4,8 \text{ m} \\
 &= \frac{(0,8 \times 16) + (2 \times 80) + (2 \times 100)}{4,8}
 \end{aligned}$$

$$= 77,667$$

$$\begin{aligned}
 N2 &= 4D \\
 &= 4 \times 0,6 \\
 &= 2,4 \text{ m} \\
 &= \frac{(2 \times 74) + (0,4 \times 57)}{2,4}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 71,167 \\
 \text{N-SPT} &= \frac{N_1 + N_2}{2} \\
 &= \frac{77,667 + 71,167}{2} \\
 &= 74,4167
 \end{aligned}$$

$$q_p = 3922,66 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,6^2 \\
 &= 0,283 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_p &= q_p \times A_b \\
 &= 3922,66 \times 0,283 \\
 &= 1109,105 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

b. Kapasitas Dukung Selimut Tiang

$$\begin{aligned}
 \text{N-SPT} &= \frac{\sum(h \cdot \text{N-SPT})}{\sum h} \\
 &= \frac{(2 \times 27) + (2 \times 25) + (2 \times 27) + (2 \times 43) + (2 \times 32) + (2 \times 40) +}{(2 \times 12) + (2 \times 22) + (2 \times 16) + (2 \times 80) + (2 \times 100)} \\
 &= \frac{22}{22} \\
 &= 38,545
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K &= \pi \times D \\
 &= \pi \times 0,6 \\
 &= 1,885
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_s &= \text{N-SPT} \times K \times L \\
 &= 38,545 \times 1,885 \times 22 \\
 &= 1598,442 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

c. Kapasitas Dukung Ultimit Tiang

$$\begin{aligned}
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= 1109,105 + 1598,44243 \\
 &= 2707,548 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

## d. Kapasitas Dukung Ijin Tiang

$$\begin{aligned}
 Q_a &= \frac{Q_u}{SF} - \left( \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times L \times p_{\text{beton}} \right) \\
 &= \frac{2707,548}{3} - \left( \frac{1}{4} \times \pi \times 0,6^2 \times 22 \times 24 \right) \\
 &= 753,227 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

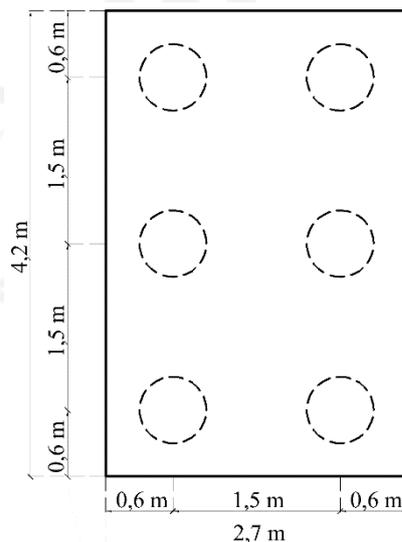
## e. Jumlah Tiang

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{P_u}{Q_a} \\
 &= \frac{4347,786}{753,227} \\
 &= 5,772 \approx 6 \text{ Tiang} \\
 s &= 2,5 \times D \\
 &= 2,5 \times 0,6 \\
 &= 1,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

## f. Susunan Kelompok Tiang

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak as ke tepi} &= 1 \times D \\
 &= 1 \times 0,6 \\
 &= 0,6 \text{ m} \\
 s &= 1,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Susunan pondasi tipe F2 dapat dilihat pada gambar 5.9 Sebagai berikut.

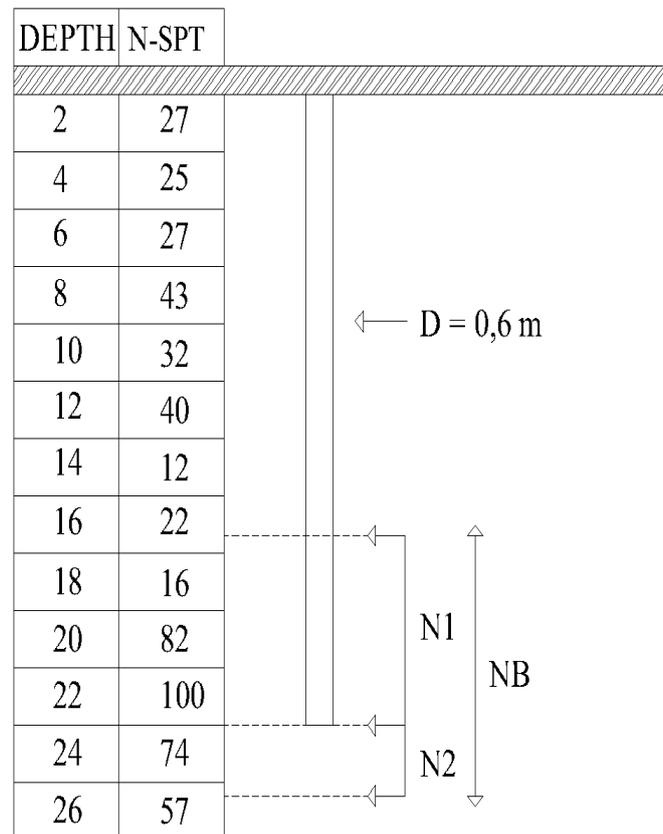


**Gambar 5.9 Susunan Tiang Pancang Tipe F2**

### 3. Tiang Pancang tipe pondasi F3

#### a. Kapasitas Dukung Ujung Tiang

Letak N1 dan N2 pada tiang diameter 0,6 m dapat dilihat pada gambar 5.10



**Gambar 5.10 Letak N1 dan N2 pada Tiang Diameter 0,6 M Tipe F3**

$$\begin{aligned}
 N1 &= 8D \\
 &= 8 \times 0,6 \\
 &= 4,8 \text{ m} \\
 &= \frac{(0,8 \times 16) + (2 \times 80) + (2 \times 100)}{4,8} \\
 &= 77,667
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N2 &= 4D \\
 &= 4 \times 0,6 \\
 &= 2,4 \text{ m} \\
 &= \frac{(2 \times 74) + (0,4 \times 57)}{2,4} \\
 &= 71,167
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N\text{-SPT} &= \frac{N_1 + N_2}{2} \\
 &= \frac{77,667 + 71,167}{2} \\
 &= 74,4167
 \end{aligned}$$

$$q_p = 3922,66 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,6^2 \\
 &= 0,283 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_p &= q_p \times A_b \\
 &= 3922,66 \times 0,283 \\
 &= 1109,105 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

b. Kapasitas Dukung Selimut Tiang

$$\begin{aligned}
 N\text{-SPT} &= \frac{\sum(h \cdot N\text{SPT})}{\sum h} \\
 &= \frac{(2 \times 27) + (2 \times 25) + (2 \times 27) + (2 \times 43) + (2 \times 32) + (2 \times 40) +}{(2 \times 12) + (2 \times 22) + (2 \times 16) + (2 \times 80) + (2 \times 100)} \\
 &= \frac{22}{38,545}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K &= \pi \times D \\
 &= \pi \times 0,6 \\
 &= 1,885
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_s &= N\text{-SPT} \times K \times L \\
 &= 38,545 \times 1,885 \times 22 \\
 &= 1598,442 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

c. Kapasitas Dukung Ultimit Tiang

$$\begin{aligned}
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= 1109,105 + 1598,44243 \\
 &= 2707,548 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

d. Kapasitas Dukung Ijin Tiang

$$Q_a = \frac{Q_u}{SF} - \left( \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times L \times p_{\text{beton}} \right)$$

$$\begin{aligned} & \frac{2707,548}{3} - \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 0,6^2 \times 22 \times 24\right) \\ & = 753,227 \text{ kN} \end{aligned}$$

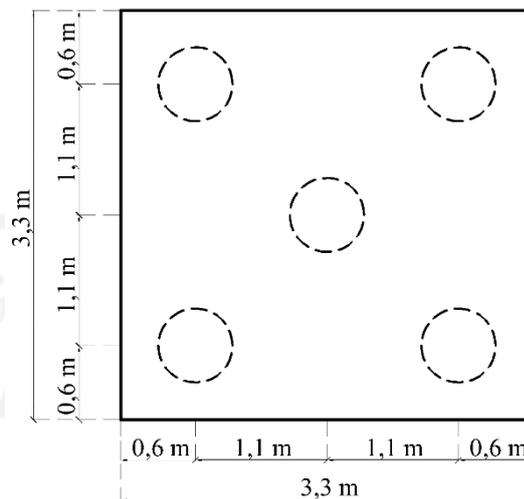
e. Jumlah Tiang

$$\begin{aligned} n &= \frac{Pu}{Qa} \\ &= \frac{3670,035}{753,227} \\ &= 4,872 \approx 5 \text{ Tiang} \\ s &= 2,5 \times D \\ &= 2,5 \times 0,6 \\ &= 1,5 \text{ m} \end{aligned}$$

f. Susunan Kelompok Tiang

$$\begin{aligned} \text{Jarak as ke tepi} &= 1 \times D \\ &= 1 \times 0,6 \\ &= 0,6 \text{ m} \\ s &= 1,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Susunan pondasi tipe F3 dapat dilihat pada gambar 5.11 sebagai berikut.

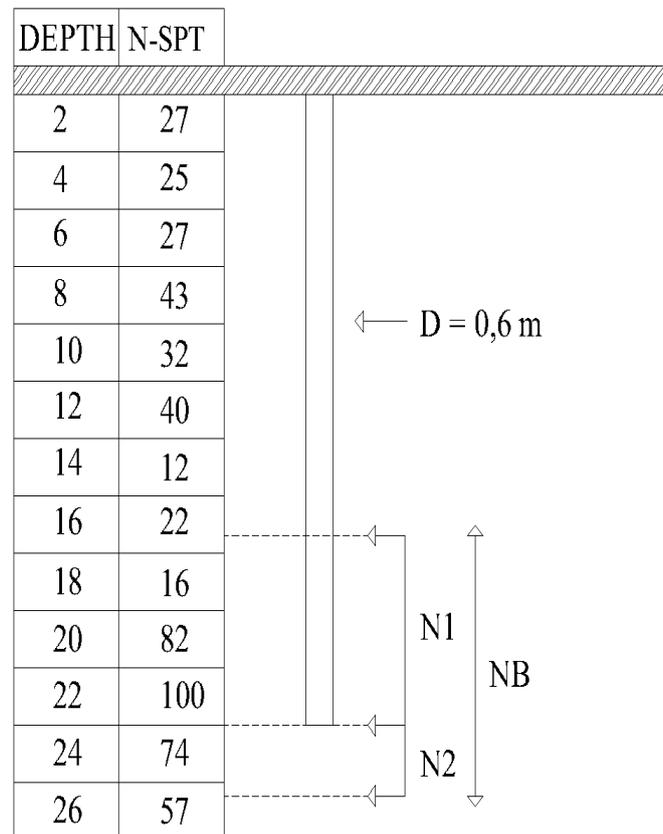


**Gambar 5.11 Susunan Tiang Pancang Tipe F3**

## 4. Tiang Pancang tipe pondasi F4

## a. Kapasitas Dukung Ujung Tiang

Letak N1 dan N2 pada tiang diameter 0,6 m dapat dilihat pada gambar 5.12



**Gambar 5.12 Letak N1 dan N2 pada Tiang Diameter 0,6 M Tipe F4**

$$\begin{aligned}
 N1 &= 8D \\
 &= 8 \times 0,6 \\
 &= 4,8 \text{ m} \\
 &= \frac{(0,8 \times 16) + (2 \times 80) + (2 \times 100)}{4,8} \\
 &= 77,667
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N2 &= 4D \\
 &= 4 \times 0,6 \\
 &= 2,4 \text{ m} \\
 &= \frac{(2 \times 74) + (0,4 \times 57)}{2,4} \\
 &= 71,167
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{N-SPT} &= \frac{N_1 + N_2}{2} \\
 &= \frac{77,667 + 71,167}{2} \\
 &= 74,4167
 \end{aligned}$$

$$q_p = 3922,66 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,6^2 \\
 &= 0,283 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_p &= q_p \times A_b \\
 &= 3922,66 \times 0,283 \\
 &= 1109,105 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

b. Kapasitas Dukung Selimut Tiang

$$\begin{aligned}
 \text{N-SPT} &= \frac{\sum(h \cdot \text{NSPT})}{\sum h} \\
 &= \frac{(2 \times 27) + (2 \times 25) + (2 \times 27) + (2 \times 43) + (2 \times 32) + (2 \times 40) +}{(2 \times 12) + (2 \times 22) + (2 \times 16) + (2 \times 80) + (2 \times 100)} \\
 &= \frac{38,545}{22} \\
 &= 38,545
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K &= \pi \times D \\
 &= \pi \times 0,6 \\
 &= 1,885
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_s &= \text{N-SPT} \times K \times L \\
 &= 38,545 \times 1,885 \times 22 \\
 &= 1598,442 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

c. Kapasitas Dukung Ultimit Tiang

$$\begin{aligned}
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= 1109,105 + 1598,44243 \\
 &= 2707,548 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

## d. Kapasitas Dukung Ijin Tiang

$$\begin{aligned}
 Q_a &= \frac{Q_u}{SF} - \left( \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times L \times p_{\text{beton}} \right) \\
 &= \frac{2707,548}{3} - \left( \frac{1}{4} \times \pi \times 0,6^2 \times 22 \times 24 \right) \\
 &= 753,227 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

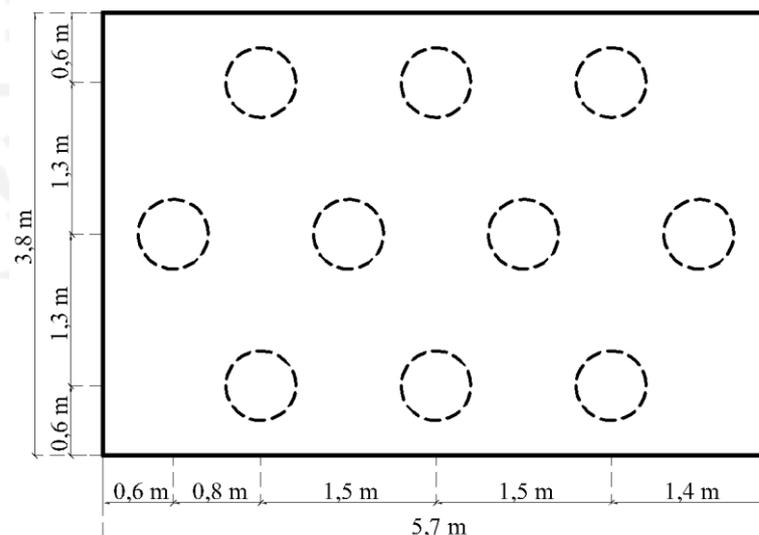
## e. Jumlah Tiang

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{P_u}{Q_a} \\
 &= \frac{6890,448}{753,227} \\
 &= 9,147 \approx 10 \text{ Tiang} \\
 s &= 2,5 \times D \\
 &= 2,5 \times 0,6 \\
 &= 1,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

## f. Susunan Kelompok Tiang

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak as ke tepi} &= 1 \times D \\
 &= 1 \times 0,6 \\
 &= 0,6 \text{ m} \\
 s &= 1,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Susunan pondasi tipe F4 dapat dilihat pada gambar 5.13 Sebagai berikut.

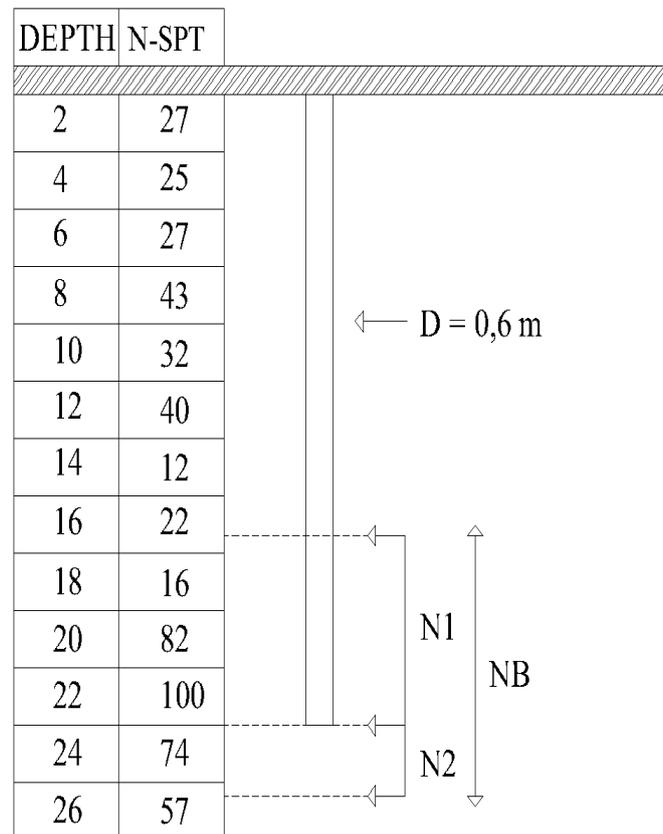


**Gambar 5.13 Susunan Tiang Pancang Tipe F4**

## 5. Tiang Pancang tipe pondasi F5

## a. Kapasitas Dukung Ujung Tiang

Letak N1 dan N2 pada tiang diameter 0,6 m dapat dilihat pada gambar 5.14



**Gambar 5.14 Letak N1 dan N2 pada Tiang Diameter 0,6 M Tipe F5**

$$\begin{aligned}
 N1 &= 8D \\
 &= 8 \times 0,6 \\
 &= 4,8 \text{ m} \\
 &= \frac{(0,8 \times 16) + (2 \times 80) + (2 \times 100)}{4,8} \\
 &= 77,667
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N2 &= 4D \\
 &= 4 \times 0,6 \\
 &= 2,4 \text{ m} \\
 &= \frac{(2 \times 74) + (0,4 \times 57)}{2,4} \\
 &= 71,167
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{N-SPT} &= \frac{N_1+N_2}{2} \\ &= \frac{77,667+71,167}{2} \\ &= 74,4167 \end{aligned}$$

$$q_p = 3922,66 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,6^2 \\ &= 0,283 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_p &= q_p \times A_b \\ &= 3922,66 \times 0,283 \\ &= 1109,105 \text{ kN} \end{aligned}$$

b. Kapasitas Dukung Selimut Tiang

$$\begin{aligned} \text{N-SPT} &= \frac{\sum(h \cdot \text{N-SPT})}{\sum h} \\ &= \frac{(2 \times 27)+(2 \times 25)+(2 \times 27)+(2 \times 43)+(2 \times 32)+(2 \times 40)+}{(2 \times 12)+(2 \times 22)+(2 \times 16)+(2 \times 80)+(2 \times 100)} \\ &= \frac{22}{22} \\ &= 38,545 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K &= \pi \times D \\ &= \pi \times 0,6 \\ &= 1,885 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_s &= \text{N-SPT} \times K \times L \\ &= 38,545 \times 1,885 \times 22 \\ &= 1598,442 \text{ kN} \end{aligned}$$

c. Kapasitas Dukung Ultimit Tiang

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 1109,105 + 1598,44243 \\ &= 2707,548 \text{ kN} \end{aligned}$$

## d. Kapasitas Dukung Ijin Tiang

$$\begin{aligned}
 Q_a &= \frac{Q_u}{SF} - \left( \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times L \times p_{\text{beton}} \right) \\
 &= \frac{2707,548}{3} - \left( \frac{1}{4} \times \pi \times 0,6^2 \times 22 \times 24 \right) \\
 &= 753,227 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

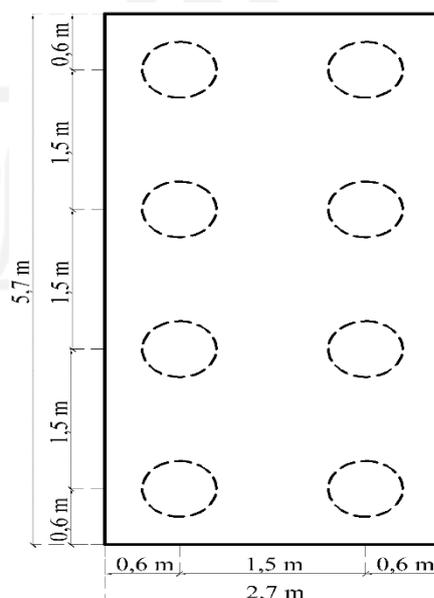
## e. Jumlah Tiang

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{P_u}{Q_a} \\
 &= \frac{5834,326}{753,227} \\
 &= 7,745 \approx 8 \text{ Tiang} \\
 s &= 2,5 \times D \\
 &= 2,5 \times 0,6 \\
 &= 1,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

## f. Susunan Kelompok Tiang

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak as ke tepi} &= 1 \times D \\
 &= 1 \times 0,6 \\
 &= 0,6 \text{ m} \\
 s &= 1,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Susunan pondasi tipe F5 dapat dilihat pada gambar 5.15 Sebagai berikut.

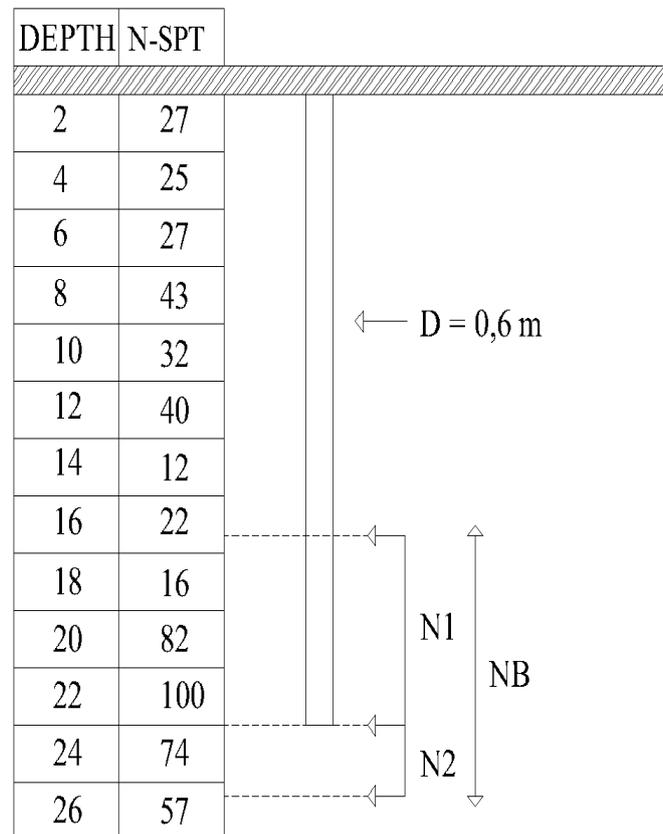


**Gambar 5.15 Susunan Tiang Pancang Tipe F5**

## 6. Tiang Pancang tipe pondasi F6

## a. Kapasitas Dukung Ujung Tiang

Letak N1 dan N2 pada tiang diameter 0,6 m dapat dilihat pada gambar 5.16



**Gambar 5.16 Letak N1 dan N2 pada Tiang Diameter 0,6 M Tipe F6**

$$\begin{aligned}
 N1 &= 8D \\
 &= 8 \times 0,6 \\
 &= 4,8 \text{ m} \\
 &= \frac{(0,8 \times 16) + (2 \times 80) + (2 \times 100)}{4,8} \\
 &= 77,667
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N2 &= 4D \\
 &= 4 \times 0,6 \\
 &= 2,4 \text{ m} \\
 &= \frac{(2 \times 74) + (0,4 \times 57)}{2,4} \\
 &= 71,167
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{N-SPT} &= \frac{N_1 + N_2}{2} \\
 &= \frac{77,667 + 71,167}{2} \\
 &= 74,4167
 \end{aligned}$$

$$q_p = 3922,66 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,6^2 \\
 &= 0,283 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_p &= q_p \times A_b \\
 &= 3922,66 \times 0,283 \\
 &= 1109,105 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

b. Kapasitas Dukung Selimut Tiang

$$\begin{aligned}
 \text{N-SPT} &= \frac{\sum(h \cdot \text{N-SPT})}{\sum h} \\
 &= \frac{(2 \times 27) + (2 \times 25) + (2 \times 27) + (2 \times 43) + (2 \times 32) + (2 \times 40) + (2 \times 12) + (2 \times 22) + (2 \times 16) + (2 \times 80) + (2 \times 100)}{22} \\
 &= 38,545
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K &= \pi \times D \\
 &= \pi \times 0,6 \\
 &= 1,885
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_s &= \text{N-SPT} \times K \times L \\
 &= 38,545 \times 1,885 \times 22 \\
 &= 1598,442 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

c. Kapasitas Dukung Ultimit Tiang

$$\begin{aligned}
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= 1109,105 + 1598,44243 \\
 &= 2707,548 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

## d. Kapasitas Dukung Ijin Tiang

$$\begin{aligned}
 Q_a &= \frac{Q_u}{SF} - \left( \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times L \times p_{\text{beton}} \right) \\
 &= \frac{2707,548}{3} - \left( \frac{1}{4} \times \pi \times 0,6^2 \times 22 \times 24 \right) \\
 &= 753,227 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

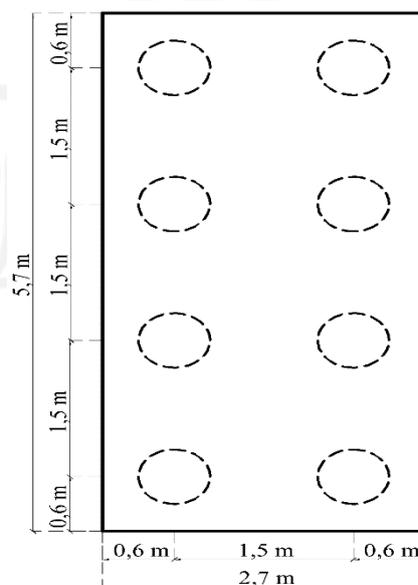
## e. Jumlah Tiang

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{P_u}{Q_a} \\
 &= \frac{5570,7852}{753,227} \\
 &= 7,395 \approx 8 \text{ Tiang} \\
 s &= 2,5 \times D \\
 &= 2,5 \times 0,6 \\
 &= 1,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

## f. Susunan Kelompok Tiang

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak as ke tepi} &= 1 \times D \\
 &= 1 \times 0,6 \\
 &= 0,6 \text{ m} \\
 s &= 1,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Susunan pondasi tipe F6 dapat dilihat pada gambar 5.17 Sebagai berikut.

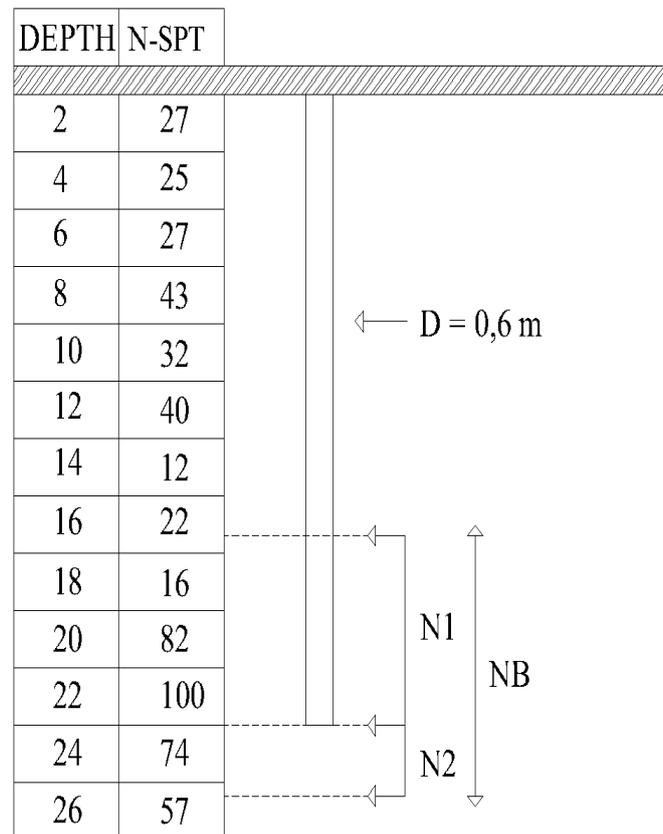


**Gambar 5.17 Susunan Tiang Pancang Tipe F6**

## 7. Tiang Pancang tipe pondasi F7

## a. Kapasitas Dukung Ujung Tiang

Letak N1 dan N2 pada tiang diameter 0,6 m dapat dilihat pada gambar 5.18



**Gambar 5.18 Letak N1 dan N2 pada Tiang Diameter 0,6 M Tipe F7**

$$\begin{aligned}
 N1 &= 8D \\
 &= 8 \times 0,6 \\
 &= 4,8 \text{ m} \\
 &= \frac{(0,8 \times 16) + (2 \times 80) + (2 \times 100)}{4,8} \\
 &= 77,667
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N2 &= 4D \\
 &= 4 \times 0,6 \\
 &= 2,4 \text{ m} \\
 &= \frac{(2 \times 74) + (0,4 \times 57)}{2,4} \\
 &= 71,167
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{N-SPT} &= \frac{N_1 + N_2}{2} \\
 &= \frac{77,667 + 71,167}{2} \\
 &= 74,4167
 \end{aligned}$$

$$q_p = 3922,66 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,6^2 \\
 &= 0,283 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_p &= q_p \times A_b \\
 &= 3922,66 \times 0,283 \\
 &= 1109,105 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

b. Kapasitas Dukung Selimut Tiang

$$\begin{aligned}
 \text{N-SPT} &= \frac{\sum(h \cdot \text{N-SPT})}{\sum h} \\
 &= \frac{(2 \times 27) + (2 \times 25) + (2 \times 27) + (2 \times 43) + (2 \times 32) + (2 \times 40) + (2 \times 12) + (2 \times 22) + (2 \times 16) + (2 \times 80) + (2 \times 100)}{22} \\
 &= 38,545
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K &= \pi \times D \\
 &= \pi \times 0,6 \\
 &= 1,885
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_s &= \text{N-SPT} \times K \times L \\
 &= 38,545 \times 1,885 \times 22 \\
 &= 1598,442 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

c. Kapasitas Dukung Ultimit Tiang

$$\begin{aligned}
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= 1109,105 + 1598,44243 \\
 &= 2707,548 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

## d. Kapasitas Dukung Ijin Tiang

$$\begin{aligned}
 Q_a &= \frac{Q_u}{SF} - \left( \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times L \times p_{\text{beton}} \right) \\
 &= \frac{2707,548}{3} - \left( \frac{1}{4} \times \pi \times 0,6^2 \times 22 \times 24 \right) \\
 &= 753,227 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

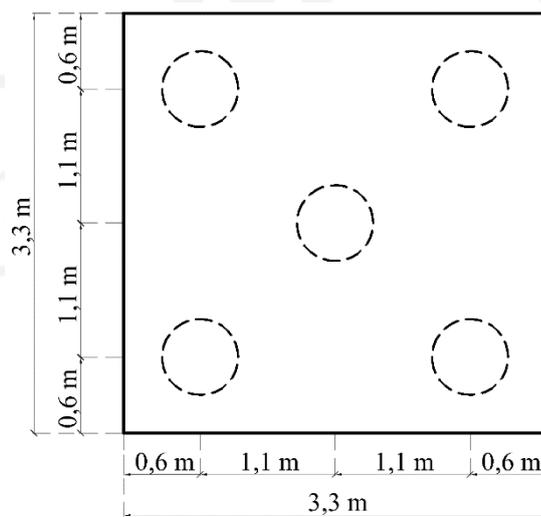
## Jumlah Tiang

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{P_u}{Q_a} \\
 &= \frac{3019,4391}{753,227} \\
 &= 4,0086 \approx 5 \text{ Tiang} \\
 s &= 2,5 \times D \\
 &= 2,5 \times 0,6 \\
 &= 1,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

## f. Susunan Kelompok Tiang

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak as ke tepi} &= 1 \times D \\
 &= 1 \times 0,6 \\
 &= 0,6 \text{ m} \\
 s &= 1,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Susunan pondasi tipe F7 dapat dilihat pada gambar 5.19 Sebagai berikut.



**Gambar 5.19 Susunan Tiang Pancang Tipe F7**

## 8. Tiang Pancang tipe pondasi F8

## a. Kapasitas Dukung Ujung Tiang

Letak N1 dan N2 pada tiang diameter 0,6 m dapat dilihat pada gambar 5.20

DEPTH	N-SPT
2	27
4	25
6	27
8	43
10	32
12	40
14	12
16	22
18	16
20	82
22	100
24	74
26	57

**Gambar 5.20 Letak N1 dan N2 pada Tiang Diameter 0,6 M Tipe F8**

$$\begin{aligned}
 N1 &= 8D \\
 &= 8 \times 0,6 \\
 &= 4,8 \text{ m} \\
 &= \frac{(0,8 \times 16) + (2 \times 80) + (2 \times 100)}{4,8} \\
 &= 77,667
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N2 &= 4D \\
 &= 4 \times 0,6 \\
 &= 2,4 \text{ m} \\
 &= \frac{(2 \times 74) + (0,4 \times 57)}{2,4} \\
 &= 71,167
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{N-SPT} &= \frac{N_1 + N_2}{2} \\
 &= \frac{77,667 + 71,167}{2} \\
 &= 74,4167
 \end{aligned}$$

$$q_p = 3922,66 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,6^2 \\
 &= 0,283 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_p &= q_p \times A_b \\
 &= 3922,66 \times 0,283 \\
 &= 1109,105 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

b. Kapasitas Dukung Selimut Tiang

$$\begin{aligned}
 \text{N-SPT} &= \frac{\sum(h \cdot \text{N-SPT})}{\sum h} \\
 &= \frac{(2 \times 27) + (2 \times 25) + (2 \times 27) + (2 \times 43) + (2 \times 32) + (2 \times 40) + (2 \times 12) + (2 \times 22) + (2 \times 16) + (2 \times 80) + (2 \times 100)}{22} \\
 &= 38,545
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K &= \pi \times D \\
 &= \pi \times 0,6 \\
 &= 1,885
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_s &= \text{N-SPT} \times K \times L \\
 &= 38,545 \times 1,885 \times 22 \\
 &= 1598,442 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

c. Kapasitas Dukung Ultimit Tiang

$$\begin{aligned}
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= 1109,105 + 1598,44243 \\
 &= 2707,548 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

## d. Kapasitas Dukung Ijin Tiang

$$\begin{aligned}
 Q_a &= \frac{Q_u}{SF} - \left( \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times L \times p_{\text{beton}} \right) \\
 &= \frac{2707,548}{3} - \left( \frac{1}{4} \times \pi \times 0,6^2 \times 22 \times 24 \right) \\
 &= 753,227 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

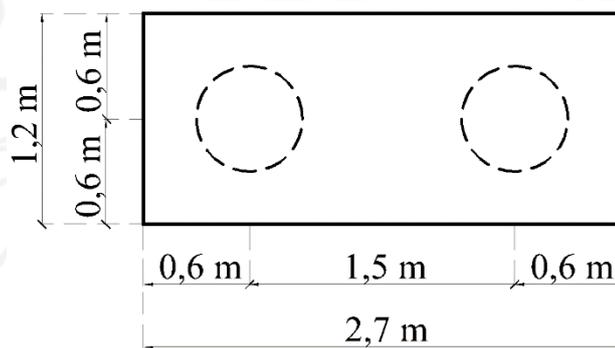
## e. Jumlah Tiang

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{P_u}{Q_a} \\
 &= \frac{876,232}{753,227} \\
 &= 1,163 \approx 2 \text{ Tiang} \\
 s &= 2,5 \times D \\
 &= 2,5 \times 0,6 \\
 &= 1,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

## f. Susunan Kelompok Tiang

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak as ke tepi} &= 1 \times D \\
 &= 1 \times 0,6 \\
 &= 0,6 \text{ m} \\
 s &= 1,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Susunan pondasi tipe F8 dapat dilihat pada gambar 5.21 Sebagai berikut.

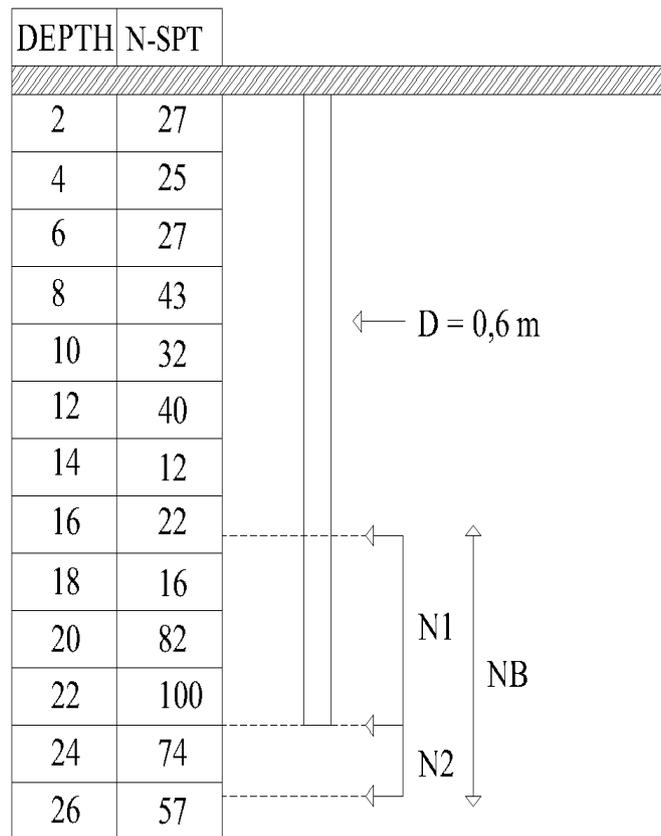


**Gambar 5.21 Susunan Tiang Pancang Tipe F8**

9. Tiang Pancang tipe pondasi F13

a. Kapasitas Dukung Ujung Tiang

Letak N1 dan N2 pada tiang diameter 0,6 m dapat dilihat pada gambar 5.22



**Gambar 5.22 Letak N1 dan N2 pada Tiang Diameter 0,6 M Tipe F13**

$$\begin{aligned}
 N1 &= 8D \\
 &= 8 \times 0,6 \\
 &= 4,8 \text{ m} \\
 &= \frac{(0,8 \times 16) + (2 \times 80) + (2 \times 100)}{4,8} \\
 &= 77,667
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N2 &= 4D \\
 &= 4 \times 0,6 \\
 &= 2,4 \text{ m} \\
 &= \frac{(2 \times 74) + (0,4 \times 57)}{2,4} \\
 &= 71,167
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{N-SPT} &= \frac{N_1 + N_2}{2} \\
 &= \frac{77,667 + 71,167}{2} \\
 &= 74,4167
 \end{aligned}$$

$$q_p = 3922,66 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,6^2 \\
 &= 0,283 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_p &= q_p \times A_b \\
 &= 3922,66 \times 0,283 \\
 &= 1109,105 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

b. Kapasitas Dukung Selimut Tiang

$$\begin{aligned}
 \text{N-SPT} &= \frac{\sum(h \cdot \text{N-SPT})}{\sum h} \\
 &= \frac{(2 \times 27) + (2 \times 25) + (2 \times 27) + (2 \times 43) + (2 \times 32) + (2 \times 40) + (2 \times 12) + (2 \times 22) + (2 \times 16) + (2 \times 80) + (2 \times 100)}{22} \\
 &= 38,545
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K &= \pi \times D \\
 &= \pi \times 0,6 \\
 &= 1,885
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_s &= \text{N-SPT} \times K \times L \\
 &= 38,545 \times 1,885 \times 22 \\
 &= 1598,442 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

c. Kapasitas Dukung Ultimit Tiang

$$\begin{aligned}
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= 1109,105 + 1598,44243 \\
 &= 2707,548 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

## d. Kapasitas Dukung Ijin Tiang

$$\begin{aligned}
 Q_a &= \frac{Q_u}{SF} - \left( \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times L \times p_{\text{beton}} \right) \\
 &= \frac{2707,548}{3} - \left( \frac{1}{4} \times \pi \times 0,6^2 \times 22 \times 24 \right) \\
 &= 753,227 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

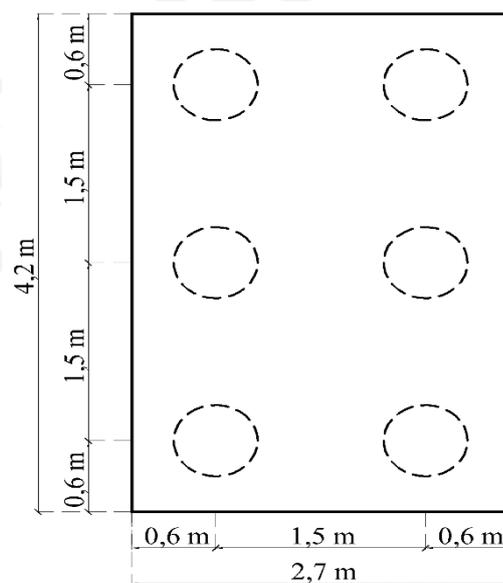
## e. Jumlah Tiang

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{P_u}{Q_a} \\
 &= \frac{4212,694}{753,227} \\
 &= 5,592 \approx 6 \text{ Tiang} \\
 s &= 2,5 \times D \\
 &= 2,5 \times 0,6 \\
 &= 1,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

## f. Susunan Kelompok Tiang

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak as ke tepi} &= 1 \times D \\
 &= 1 \times 0,6 \\
 &= 0,6 \text{ m} \\
 s &= 1,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Susunan pondasi tipe F13 dapat dilihat pada gambar 5.23 Sebagai berikut.



**Gambar 5.23 Susunan Tiang Pancang Tipe F13**

Rekapitulasi jumlah pondasi dengan metode tiang pancang dengan diameter 0,6 meter sebagai berikut:

**Tabel 5.5 Rekapitulasi Jumlah Tiang Pancang Diameter 0,6 m**

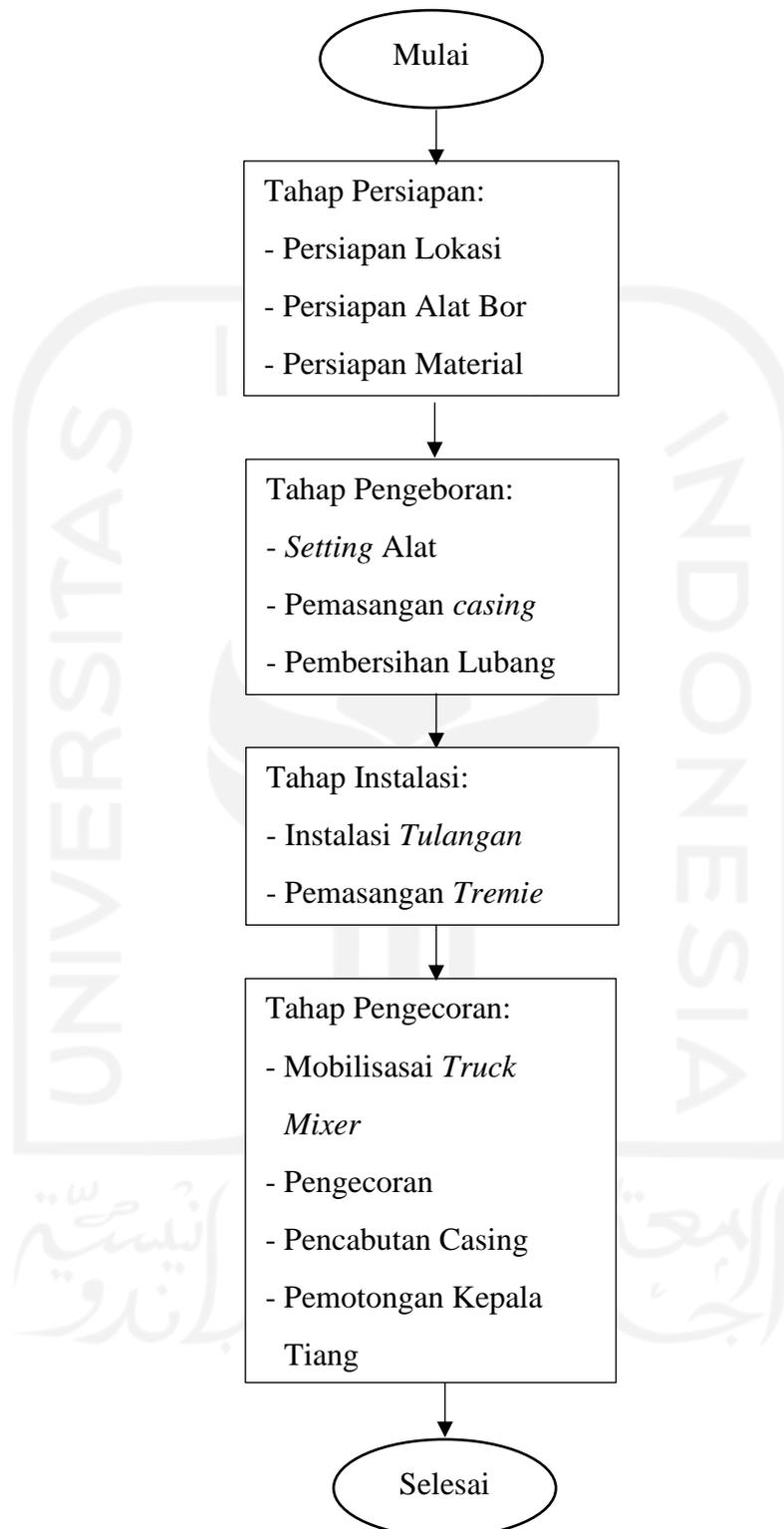
<b>Type pondasi</b>	<b>Kelompok tiang</b>	<b>Jumlah tiang</b>
F1	9	5
F2	11	6
F3	32	5
F4	1	10
F5	1	8
F6	1	8
F7	1	5
F8	15	2
F13	8	6
Total		382

### **5.5 Metode Pelaksanaan Pekerjaan Pondasi**

Pondasi merupakan struktur bangunan yang terletak didalam tanah yang berfungsi untuk menyalurkan beban dari struktur diatasnya ke tanah. Dalam pelaksanaan pekerjaan pondasi terdapat beberapa metode, diantaranya metode *bore pile* dan metode tiang pancang. Metode *bore pile* pelaksanaannya dilakukan dengan mengebor tanah dan melakukan penulangan besi kemudian tulangan dimasukan kedalam tanah yang telah dibor dan dicor. Sedangkan metode tiang pancang pelaksanaannya dilakukan dengan memancang beton precast dengan alat pemancang sampai pondasi tertanam.

#### **5.5.1 Tahapan Pekerjaan Pondasi *Bore Pile (existing)***

Saat pelaksanaan proyek rumah sakit UII pekerjaan pondasi menggunakan metode *bore pile*. Berikut merupakan tahapan metode pelaksanaan pondasi *bore pile*.



**Gambar 5.24** Flowchart Pekerjaan Pondasi *Bore Pile*

## 1. Tahap Persiapan

Persiapan yang dikerjakan pada tahap ini berupa persiapan lokasi, persiapan alat bor dan persiapan material. Persiapan lokasi yang dilakukan yaitu melakukan pengukuran area koordinat-koordinat tiang bor yang telah direncanakan sesuai dengan gambar denah yang telah direncanakan. Elevasi tanah dibuat selandai mungkin, bertujuan untuk memudahkan akses dari mesin bor dan juga *truck mixer*. Setelah penentuan titik bor operator alat bor dan pengawas melakukan pengecekan kepada tanah sekitar lokasi titik pengeboran.

Persiapan alat bor dilakukan dengan menyesuaikan posisi mesin bor supaya posisi mesin bor horizontal. Untuk membantu mengetahui posisi horizontal mesin bor menggunakan alat *waterpass* di bagian *body crane* didekat mesin bor. Proyek pembangunan Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia memiliki muka air yang tinggi. Persiapan material dilakukan dengan melakukan perakitan tulangan dan *truck mixer* dengan beton ready mix. Perakitan penulangan pondasi dibuat sesuai dengan kedalaman rencana yaitu 22 meter. Pada proyek pembangunan Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia menggunakan beton ready mix dengan mutu fc'25.

## 2. Tahap Pengeboran

Mesin bor telah disetting sesuai dengan letak pengeboran. Pengeboran awal dilakukan menggunakan mata bor jenis *auger*. Panjang casing yaitu 6 meter dengan jumlah 3 *casing* dalam 1 titik pengeboran. *Casing* diperlukan mengingat kondisi tanah pada lokasi Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia memiliki kadar muka air yang tinggi. Pemasangan starter *casing* sementara juga bertujuan untuk mencegah runtuhnya tanah yang ada disekitar permukaan tanah bor dan sebagai *leading* agar pengeboran tetap tegak lurus. Starter *casing* memiliki dasar yang berbentuk gerigi untuk membantu proses pengeboran.

Pengeboran awal dilakukan menggunakan *auger* dan setelah pengeboran awal mencapai kedalaman rencana, mata bor diganti menggunakan *soil bore*. Penggunaan *soil bore* berfungsi untuk melakukan proses pengeboran disertai pembersihan tanah hasil bor. Setelah starter *casing* tertanam kemudian dilakukan pemasangan *casing* kedua dengan *crane*. Sebelum dilakukan pengeboran *casing* kedua diberi pelumas untuk mempermudah proses pengeboran. Proses pengeboran

kedua dilakukan menggunakan casing bor dengan bantuan air untuk mempermudah proses pengeboran. Kemudian *soil bore* diganti dengan *cleaning bucket* yang bertujuan untuk melanjutkan pengeboran dan mengumpulkan tanah hasil bor.

Pengeboran dilakukan sampai *casing* ketiga telah mencapai kedalaman rencana. Penyambungan *casing* dilakukan secara berulang apabila *casing* telah tertanam kedalam lubang bor menggunakan baut di setiap sisi. Setelah pengeboran mencapai kedalaman rencana kemudian dilakukan proses pembersihan lubang bor. Pembersihan lubang bor dilakukan menggunakan *bore cleaning* sampai keadaan bor relatif bersih.

### 3. Tahap instalasi penulangan dan pipa *tremie*

Setelah pengeboran selesai, kemudian dipasang osilator di atas lubang bor yang berfungsi sebagai pijakan. kemudian dipasang tulangan yang telah dirakit. Pemasang tulangan dilakukan dengan cara diangkat dan dimasukkan ke dalam lubang bor. Proses pemasangan tulangan dilakukan secara hati-hati supaya tulangan tidak mengenai dinding dalam lubang bor sehingga menyebabkan keruntuhan. Proyek Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia memiliki pondasi dengan kedalaman rencana 22 meter, sehingga proses pemasangan tulangan dibagi menjadi 2 bagian. Tulangan bagian pertama dimasukkan kemudian ditahan dengan potongan melintang dan dilakukan penyambungan menggunakan mesin las dengan tulangan bagian kedua.

Setelah proses pemasangan tulangan selesai kemudian dipasang rumah *tremie* pada permukaan lubang hasil bor. Pipa *tremie* dimasukkan ke lubang yang telah dibor. Pipa *tremie* dipasang sepanjang lubang yang dibor yaitu 22 meter. Pipa *tremie* disambung menggunakan crane dan dimasukkan secara horizontal ke dalam lubang bor sampai dasar elevasi rencana.

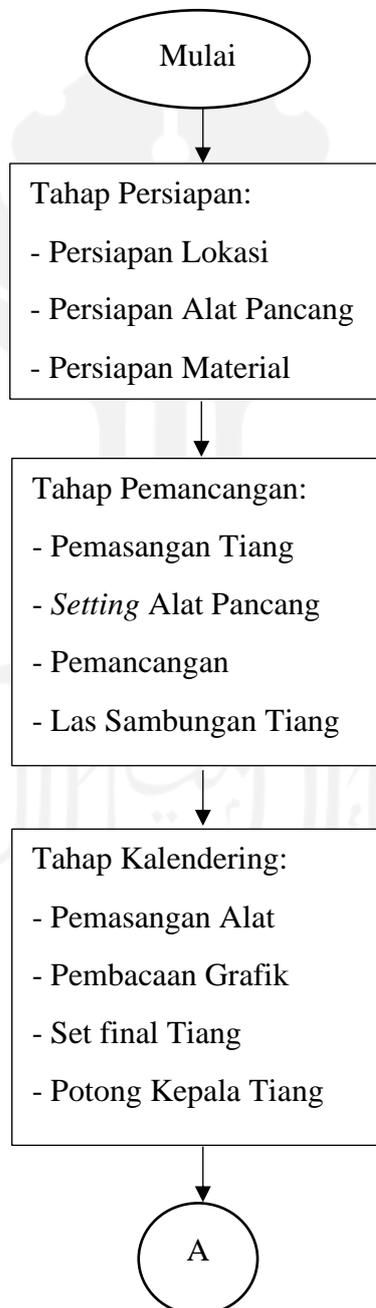
### 4. Tahap Pengecoran

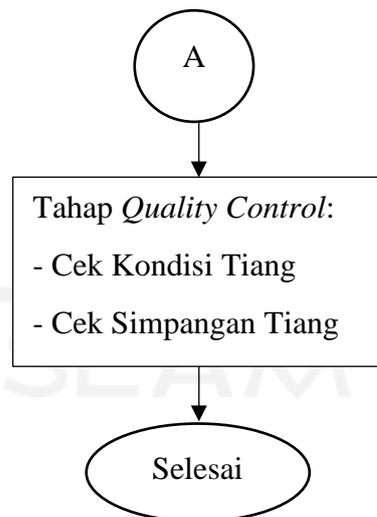
Pengecoran dilaksanakan menggunakan beton *ready mix* dengan mutu  $f_c' 25$  dituangkan ke tremi sampai pipa terisi penuh. Truck mixer terus menuangkan beton *ready mix* dan tremi ditarik turunkan sehingga tutup plat baja (*end plate*) terlepas dan beton dapat mengalir kedalam lubang. Proses pengecoran dilakukan sampai

permukaan beton mencapai permukaan. Selama proses pengecoran dilakukan ujung bawah pipa *tremie* harus tertanam didalam beton.

Setelah proses pengecoran sampai permukaan maka casing dicabut secara perlahan menggunakan crane. Proses pencabutan casing dilakukan secara perlahan supaya beton tidak terjadi kerusakan. Tiang bor yang telah dicor kemudian dipotong sepanjang satu meter dengan disisakan tulangan besinya untuk mengikat kepada tulangan pile cap.

### 5.5.2 Tahapan Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang





**Gambar 5.25 Flowchart Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang**

### 1. Tahap Persiapan

Persiapan dilakukan dengan persiapan lokasi, persiapan alat pancang dan persiapan material tiang. Persiapan lokasi dilaksanakan dengan menentukan titik lokasi yang akan dipancang menggunakan patok. Pengecekan elevasi tanah dilakukan menggunakan *waterpass*, hal ini dilakukan untuk mempermudah mobilisasi alat pancang dalam melakukan pemancangan. Persiapan alat pancang tiang didirikan diatas titik pemancangan pondasi yang akan dipancang. Alat pemancang berdiri tegak lurus terhadap muka tanah.

Persiapan tiang pancang diletakan sedekat mungkin dengan lokasi yang akan dipancang. Setelah tiang tiba dari pabrikasi, tiang diberikan tanda pada umumnya garis yang berfungsi untuk menandai panjang tiang setiap 1 meter. Garis ini berfungsi untuk mempermudah kontrol kedalaman pada saat tiang telah dipancang. Tiang pancang yang tiba dari pabrikasi diberi tanda dan tanggal saat tiang tersebut dicor. Pemberian tanda berfungsi untuk menentukan urutan tiang yang akan dipancang.

### 2. Tahap Pemancangan

Pemancangan dilakukan dengan *crawler crane* mengangkat tiang dan dipasangkan ke alat pancang harus tegak lurus. Tiang diangkat pada titik yang telah ditentukan. Penentuan titik angkat tiang berdasarkan momen lentur dari tiang. Pada

umumnya letak momen lentur tiang telah diberikan tanda oleh pabrikasi dengan diberi perkuatan tulangan.

Sebelum tiang dilakukan pemancangan, diantara kepala tiang dan penumbuk diberi bantalan yang berfungsi sebagai pelindung dan pegangan kepala tiang. Ujung bawah tiang diposisikan tegak lurus sesuai dengan patok yang telah disediakan. Pengukuran tegak lurus (vertikal) tiang menggunakan *waterpass* berfungsi supaya tiang tidak mengalami kemiringan saat dipancang. Pemancangan dilakukan dengan mengangkat dan menjatuhkan hammer secara berulang ke atas bantalan pelindung yang telah terpasang di atas kepala tiang sampai kedalaman rencana. Proyek Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia memiliki kedalaman 22 meter, sehingga terdapat 2 tiang dengan panjang 8 meter dan 1 tiang dengan panjang 6 meter.

Setelah tiang pertama dilakukan pemancangan sampai permukaan, pemancangan dihentikan sementara untuk melakukan penyambungan ke tiang kedua dengan cara dilas. Proses pengelasan dilakukan dengan tiang kedua dipasang ke alat pemancang, dengan bagian bawah tiang kedua diposisikan diatas kepala tiang yang pertama sehingga *joint* besi sambungan berhimpitan dan dilas menjadi satu. Selesai melakukan penyambungan pemancangan dilakukan kembali secara berulang sampai ke permukaan. Penyambungan tiang ketiga dilakukan secara sama dengan tiang kedua.

### 3. Tahap Kalendering

Kalendering merupakan grafik pencatatan yang terletak pada tiang pancang. Kalendering berfungsi untuk mengetahui kedalaman pemancangan yang telah dilakukan. Pembacaan grafik kalendering dilakukan apabila tinggi bacaan sudah 1 cm atau lebih kecil berarti pemancangan telah selesai dilakukan. Tiang yang telah dipancang telah mencapai tanah yang keras sehingga apabila dilanjutkan maka dikhawatirkan terjadi kerusakan pada tiang. Pembacaan kalendering dilakukan saat 10 pukulan terakhir atau saat hamper mendekati kepala tiang. Setelah kalendering selesai maka tiang pancang sudah final set. Pemotongan kepala tiang panjang dilakukan sepanjang 1 meter dengan menyisakan tulangnya untuk mengikat ke tulangan pile cap.

#### 4. Tahap *Quality Control*

Tahap *Quality control* dilakukan setelah tiang selesai dipancang dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. Kondisi fisik tiang tidak mengalami kerusakan.
- b. Toleransi penyimpangan arah horizontal tidak boleh lebih dari 75 mm.
- c. Penetrasi tiang dicatat jumlah pukulannya setiap 1 meter.

#### 5.5.3 Analisa Produktivitas dan Durasi Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang

Dalam pekerjaan pemancangan pondasi digunakan tiang pancang beton dengan data seperti berikut:

Jenis bahan	= beton pracetak
Penampang	= 600 mm
Mutu beton	= f'c 25
Panjang tiang	= 800 mm
Berat tiang	= 393 kg/m = 8646 kg

Pemilihan alat pemancang dilakukan berdasarkan dengan faktor biaya sewa alat dan faktor kondisi lapangan. Alat pancang yang digunakan merupakan diesel hammer v20A Hammer series 4 K25 dengan spesifikasi sebagai berikut:

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

Alat pancang diesel hammer dibantu dengan crawler crane yang berfungsi sebagai penyangga dan pengendali drop hammer, berikut spesifikasi crawler crane sebagai berikut:

Model	= P11C-UN
Kapasitas angkat maks	= 40100 kg
Panjang lengan	= 85,3 m
Kecepatan angkat	= 40 m/ min
Kecepatan penurunan	= 40 m/min
Kecepatan jelajah	= 7,33 m/min

Tiang pancang yang digunakan dengan diameter 0,6 m dan dipancang pada kedalaman 22 m dengan data tanah sebagai berikut:

$$\text{Nilai jumlah hambatan lekat} = 742,67 \text{ Kg/cm}$$

$$\text{Nilai Conus rata-rata} = 95,54 \text{ Kg/cm}^2$$

Berdasarkan dengan data teknis diatas, berikut perhitungan pelaksanaan pemancangan yang ditentukan dari waktu siklus pemancangan tiang pancang sebagai berikut:

### 1. Waktu Persiapan

Waktu mendirikan tiang pancang pada boom/layer

$$\text{Tinggi tiang} = 8 \text{ m}$$

$$\text{Jarak Hammer ke pengambilan} = 3,5 \text{ m}$$

$$\text{Jarak pengambilan} = \sqrt{8^2 + 3,5^2} = 8,732 \text{ m}$$

$$t_1 = \frac{\text{jarak pengambilan}}{\text{kecepatan tarik}} = \frac{8,732 \text{ m}}{40 \text{ m/min}} = 0,218 \text{ menit}$$

dalam satu titik terdapat 3 tiang pancang sehingga  $t_1 \times 3 = 0,218 \times 3 = 0,654$  menit

waktu penyetelan Hammer pada kepala tiang pancang dan pelurusan pada posisi tiang pancang  $t_2 = 2$  menit

dalam satu titik tiang pancang terdapat 3 kali penyetelan Hammer pada kepala tiang pancang dan pelurusan posisi sehingga  $t_2 \times 3 = 2 \times 3 = 6$  menit

### 2. Waktu pemancangan tiang pancang

Waktu penumbukan antara hammer diesel dengan kepala tiang pancang ( $t_3$ )

$$\begin{aligned} \text{Kel. TP} &= \pi \times D \\ &= \pi \times 60 \\ &= 188,495 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{TP} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 60^2 \\ &= 2827,433 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= (\text{Conus rata-rata} \times A_{TP}) + (\text{JHP} \times \text{Kel. TP}) \\ &= (95,4 \times 2827,433) + (742,67 \times 188,495) \\ &= 272062 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$Z = 10\% \cdot W \cdot H$$

$$\begin{aligned}
 &= 10\% \times 5770 \times 20 \\
 &= 11540 \text{ kg cm} \\
 H &= W \times h \\
 &= 5770 \times 20 \\
 &= 115400 \text{ kg cm} \\
 s &= \frac{H-Z}{R} \\
 &= \frac{115400 - 11540}{272062} \\
 &= 0,38175 \text{ cm/blow} \\
 \text{Waktu pemancangan (t3)} &= \frac{\text{Panjang tiang}}{\text{kecepatan blow} \times s} \\
 &= \frac{2200 \text{ mm}}{42 \text{ cm blow} \times 0,38175 \text{ cm blow}} \\
 &= 137,212 \text{ menit} \\
 \text{3. Waktu las sambungan tiang} \\
 &\text{Waktu penyambungan antara tiang pancang, terdapat dua kali penyambungan} \\
 &\text{tiang dalam satu titik pondasi} \\
 \text{Waktu las (t4)} &= 15 \text{ menit} \\
 &= 15 \times 2 \\
 &= 30 \text{ menit} \\
 \text{4. Waktu kalendering} \\
 \text{Waktu pasang alat} &= 1 \text{ menit} \\
 \text{Waktu kalendering} &= \frac{10}{42} \\
 &= 0,2381 \text{ menit} \\
 &= 0,2381 \times 3 \text{ tiang} \\
 \text{Total waktu kalendering (t5)} &= 3,714 \text{ menit} \\
 \text{Waktu total pemancangan} &= t1 + t2 + t3 + t4 + t5 \\
 &= 0,654 + 6 + 137,212 + 30 + 3,741 \\
 &= 177,582 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Waktu pindah posisi alat ditentukan dari data crawler crane sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan jelajah crane} &= 1,1 \text{ km/jam} \\ &= 18,377 \text{ m/menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan swing} &= 2,6 \text{ rpm} \\ &= 10,4 \text{ m/menit} \end{aligned}$$

Jarak perpindahan alat pancang dan crawler crane per titik tiang pancang

$$\text{Total waktu swing} = 71,923 \text{ menit}$$

$$\text{Total waktu pindah posisi} = 121,146 \text{ menit}$$

Waktu pindah posisi per pile cap

$$\text{Total waktu perpindahan} = 96,548 \text{ menit}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu total pindah posisi} &= \text{waktu swing} + \text{waktu pindah posisi} + \text{waktu} \\ &\quad \text{Perpindahan} \\ &= 71,923 + 121,146 + 96,548 \\ &= 168,472 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu siklus x jumlah tiang} &= 177,582 \times 382 \\ &= 67836,207 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\text{Waktu total perpindahan} = 168,472 \text{ menit}$$

$$\text{Waktu total} = 68004,679 \text{ menit}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu pemancang satu tiang} &= \frac{68004,679 \text{ menit}}{382} \\ &= 178,022 \text{ menit} \end{aligned}$$

Waktu total untuk pemancangan pondasi diperoleh dari waktu persiapan, waktu pemancangan, waktu las sambung tiang dan waktu kalendering. Perhitungan waktu pemancangan satu titik tiang pancang didapatkan durasi waktu yaitu 178,022 menit. Berdasarkan dari total waktu siklus maka jumlah perhitungan untuk siklus 1 jam adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} N &= \frac{60}{\text{total waktu siklus}} \\ &= \frac{60}{178,022} \\ &= 0,337 \end{aligned}$$

Dengan asumsi faktor kerja efektif dalam kondisi operasi alat berat dan pemeliharaan mesin yang sangat baik dengan nilai efisiensi kerja yaitu 0,83. Berikut merupakan produksi dari pemancangan pondasi perjam:

$$\begin{aligned} Q &= q \times N \times E_k \\ &= 1 \times 0,337 \times 0,83 \\ &= 0,279 \text{ titik/jam} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan produksi dari alat pemancangan (Q) maka durasi pekerjaan dalam 1 hari terdapat 8 jam kerja. Berikut merupakan perhitungan durasi pekerjaan pondasi dengan menggunakan tiang pancang:

$$\begin{aligned} \text{Total Durasi} &= \frac{382}{0,279 \times 8} \\ &= 170,694 \approx 171 \\ &= 171 \text{ hari} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, total waktu yang dibutuhkan untuk pekerjaan pondasi dengan metode tiang pancang adalah 171 hari. Proses pekerjaan ini hanya meliputi pekerjaan pemancangan pondasi tidak termasuk pekerjaan *pile cap* dan *sloof*.

#### 5.5.4 Analisa Biaya Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang

Proyek pembangunan Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia dilaksanakan di Bantul, Provinsi Yogyakarta. Harga upah tenaga kerja dan sewa alat berat untuk metode tiang pancang sesuai dengan standar harga di wilayah Yogyakarta tahun 2016 saat proyek pembangunan Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia dilaksanakan. Pemilihan jenis tiang pancang yang digunakan merupakan jenis tiang pancang lingkaran berlubang (*spun pile*). Umumnya pada jenis pondasi tiang pancang dengan diameter besar pada pabrikasi terdapat tiang pancang lingkaran berlubang (*spun pile*). Berikut merupakan rincian biaya yang digunakan untuk pelaksanaan pekerjaan pondasi tiang pancang:

1. Biaya sewa alat
  - a. Drive Hammer = Rp 328.000,00/jam
  - b. Crawler Crane = Rp 366.235,00/jam
  - c. Welding Set = Rp 81.791,00/jam
  
2. Biaya Pekerja
  - a. Mandor = Rp 69.940,00/hari
  - b. Tukang las = Rp 66.712,00/hari
  - c. Pekerja = Rp 56.060,00/hari

Jumlah pekerja yang dibutuhkan adalah 5 orang

= Rp 56.060,00 x 5

= Rp 280.300,00/hari
  
3. Biaya Material
  - a. Tiang Pancang = Rp 830.000,00/m<sup>3</sup>

1 titik panjang tiang 22 m = Rp 5.162.872
  
4. Biaya jasa
  - a. PDA Tes = Rp 15.000.000/titik
  - b. Potong Kepala Pondasi = Rp 374.000/titik
  
5. Waktu Jam Kerja
 

Jam kerja perhari = 8 jam

Total jam kerja dengan pondasi tiang pancang

Durasi = 8 jam x 171 hari

= 1368 jam kerja

**Tabel 5.6 Perhitungan Biaya Pekerjaan Pondasi Metode Tiang Pancang**

No	Alat Berat	Volume	Satuan	Harga (Rp)	Total (Rp)
1	Drive Hammer	1368	Jam	Rp. 328.000	Rp448.704.000
2	Crawler Crane	1368	Jam	Rp. 366.236	Rp501.010.848
3	Welding Set	1368	Jam	Rp. 81.791	Rp111.890.088
4	Mandor	171	Hari	Rp. 69.940	Rp11.959.740
5	Tukang Las	171	Hari	Rp. 66.712	Rp11.407.752
6	Pekerja	171	Hari	Rp. 280.300	Rp47.931.300
7	Tiang Pancang	382	Titik	Rp. 5.162.872	Rp1.972.217.104
8	PDA Tes	2	Titik	Rp. 15.000.000	Rp30.000.000
9	Potong Kepala Pondasi	382	Titik	Rp 250.000	Rp95.500.000
Total					Rp3.230.620.832

Rincian biaya pekerjaan pondasi dengan menggunakan metode tiang pancang biaya yang dibutuhkan dengan total sebesar Rp 3.230.620.832,00 dengan durasi waktu pekerjaan 171 hari. Perhitungan durasi kerja 171 hari dengan 1 hari 8 jam kerja.

## 5.6 Pembahasan

Dalam perhitungan analisis perhitungan metode, diperoleh nilai biaya dan waktu dari pelaksanaan pekerjaan pondasi dengan menggunakan metode *bore pile* dan metode tiang pancang.

Berikut merupakan rekapitulasi biaya dan waktu dari masing-masing metode untuk pekerjaan pondasi.

**Tabel 5.7 Rekapitulasi Waktu dan Biaya Pelaksanaan Metode**

No	Metode	Waktu Pelaksanaan	Persentase Waktu	Biaya Pelaksanaan	Persentase Biaya
1	<i>Bore Pile</i>	132 hari	$\frac{39}{132} \times 100\%$ = 29,54 %	Rp. 4.012.401.948	$\frac{781.781.116}{4.012.401.948}$ x 100% = 19,48 %
2	Tiang Pancang	171 hari		Rp3.230.620.832	
Selisih		39 hari		Rp 781.781.116	

Berdasarkan tabel 5.7 Rekapitulasi waktu dan biaya masing-masing metode maka didapatkan hasil metode *bore pile* memiliki waktu pelaksanaan selama 132 hari sedangkan metode tiang pancang memiliki waktu total 171 hari yang didapatkan selisih waktu dari 39 hari. Didapatkan hasil pekerjaan pondasi menggunakan metode tiang pancang 29,54% lebih lama dibandingkan dengan menggunakan metode *bore pile*.

Sedangkan berdasarkan dari segi biaya diketahui bahwa metode tiang pancang lebih terjangkau. Metode tiang pancang memiliki total biaya pelaksanaan sebesar Rp 3.230.620.832 dan metode bore pile memiliki biaya total Rp. 4.012.401.948. Selisih dari metode tiang pancang dan metode bore pile adalah sebesar Rp 781.781.116. Didapatkan hasil pelaksanaan pekerjaan pondasi menggunakan metode tiang pancang 19,48% lebih murah dibandingkan dengan metode tiang pancang.

Selain produktivitas alat perbedaan antara waktu pelaksanaan dan biaya dipengaruhi oleh perbedaan jumlah tiang antara pondasi bore pile diameter 0,8 m dengan jumlah 173 tiang berbanding dengan pondasi tiang pancang diameter 0,6 dengan jumlah 382 tiang. Berikut merupakan perbandingan jumlah tiang antara pondasi bore pile dengan pondasi tiang pancang:

**Tabel 5.8 Perbandingan Jumlah Tiang Pondasi**

<b>Tipe pondasi</b>	<b>Kelompok tiang</b>	<b>Bore Pile</b>	<b>Tiang Pancang</b>
F1	9	3	5
F2	11	2	6
F3	32	2	5
F4	1	8	10
F5	1	6	8
F6	1	9	8
F7	1	3	5
F8	15	1	2
F13	8	4	6
Total		173	382

Aspek pelaksanaan pekerjaan pondasi juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitar proyek. Hasil pengujian geologi tanah dan kondisi di lapangan diperoleh dari laboratorium mekanika tanah Universitas Islam Indonesia. Berikut merupakan perbandingan dari pelaksanaan metode *bore pile* dan tiang pancang:

**Tabel 5.9 Perbandingan Pelaksanaan Metode**

<b>No</b>	<b>Faktor</b>	<b>Tiang Pancang</b>	<b>Bore Pile</b>
1	Kondisi Tanah	Mudah	Mudah
2	Muka Air Tanah	Tidak Masalah	Perlu Casing
3	Peralatan yang digunakan	Alat Pancang	Alat Bor
4	Kualitas Beton Tiang	Terbaik	Sulit dikontrol
5	Galian Dalam	Tidak Perlu	Tidak Perlu
6	Kondisi Lingkungan	Menimbulkan getaran namun tidak terlalu mengganggu	Relatif tidak menimbulkan getaran

Berdasarkan dilihat dari faktor waktu, maka pekerjaan pondasi menggunakan metode *bore pile* jauh lebih efisien apabila dibandingkan dengan metode tiang pancang. Jika berdasarkan faktor biaya, maka pekerjaan pondasi dengan metode tiang pancang lebih efektif apabila dibandingkan dengan *bore pile*. Selain itu, faktor kondisi di lingkungan proyek pembangunan Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia mengakibatkan gangguan berupa kebisingan dari alat berat yang digunakan namun tidak terlalu mengganggu dalam menggunakan metode tiang pancang maupun *bore pile*.



## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

Berdasarkan dengan penelitian perbandingan metode pada pekerjaan pondasi dengan metode *bore pile* dan tiang pancang pada proyek Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia maka didapatkan hasil sebagai berikut:

- a. Waktu pelaksanaan untuk masing-masing metode pada pekerjaan pondasi yaitu 132 hari untuk metode *bore pile* dan untuk pelaksanaan pekerjaan pondasi dengan metode tiang pancang yaitu 171 hari dengan selisih 39 hari. Sehingga pelaksanaan pekerjaan pondasi menggunakan metode *bore pile* lebih cepat dengan persentase 29,54 %.
- b. Biaya pelaksanaan pekerjaan pondasi menggunakan metode *bore pile* yaitu sebesar Rp. 4.012.401.948 dan untuk pekerjaan pondasi menggunakan metode tiang pancang sebesar Rp 3.230.620.832 dengan selisih Rp 781.781.116. Sehingga pekerjaan pondasi menggunakan metode tiang pancang lebih murah dengan persentase 19,48%.
- c. Pelaksanaan metode *bore pile* dengan diameter 0,8 m memiliki jumlah 173 tiang berbanding dengan 382 tiang dengan diameter 0,6 m pada pekerjaan pondasi metode tiang pancang.
- d. Metode pelaksanaan pekerjaan pondasi yang efektif dalam segi durasi merupakan metode *bore pile* dan metode pekerjaan pondasi yang efisien dari segi biaya adalah tiang pancang. Kondisi lingkungan pekerjaan sekitar lokasi proyek tidak banyak penduduk sehingga penggunaan alat berat tidak terlalu menyebabkan kebisingan.

## 6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka penulis memberikan saran sebagai berikut:

- a. Untuk penelitian selanjutnya dengan kondisi lapangan yang mirip dapat ditambahkan dengan perbandingan menggunakan metode pekerjaan pondasi yang lain seperti metode pondasi sumuran atau dengan metode frankie pile, dikarenakan termasuk kedalam jenis pondasi dalam.
- b. Pemilihan penggunaan jenis alat pancang dapat ditambahkan dengan alternatif alat pancang yang lain seperti *Hydraulic Hammer* atau *Vibratory Pile Driver* untuk mendapatkan hasil yang optimal.



## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum. 2017. Modul Perhitungan Volume, Analisa Harga Satuan dan RAB. Jakarta.
- Bowles, J.E. 1986. *Analisa dan Disain Pondasi*. Terjemahan. Erlangga. Jakarta.
- Darajah, C.S. 2019. Kajian Pengambilan Keputusan Desain Pondasi Dengan Analisis Rekayasa Nilai Menggunakan Metode Zero-One. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Dwitasari, M.V. 2018. Kajian Kapasitas Dukung Fondasi Tiang Pancang Pada Tangki Timbun Dengan Metode Elemen Hingga dan *Meyerhof*. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Ervianto, W. 2004. Manajemen Proyek Konstruksi. C.V. Armico. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 1996. Mekanika Tanah I. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Mayangsari. 2018. Analisis Perbandingan Pondasi Tiang Pancang Dengan Pondasi Tiang Bor Pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Gigi dan Mulut Universitas Brawijaya. Tugas Akhir. Universitas Brawijaya. Malang.
- Moudini, L.A. 2020. Analisis Perbandingan Pondasi Tiang Pancang Dengan Pondasi Tiang Bor Pada Proyek Pembangunan Gedung Laboratorium Vokasi Dan Industri Kreatif Universitas Brawijaya Kampus Dieng. Tugas Akhir. Universitas Brawijaya. Malang.
- PT Pembangunan Perumahan. 2003. Buku Referensi Untuk Kontraktor Bangunan Gedung Dan Sipil. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Saputri, R.S.M. dan Putri, N.F. 2017. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya Dan Waktu Pelaksanaan Pada Pembangunan Rusunawa Gunung Anyar Blok-A Surabaya. Tugas Akhir Terapan. Surabaya.

- Sardjono, H.S. 1988. Pondasi Tiang Pancang, Jilid 1. Sinar Jaya Wijaya. Surabaya.
- Sardjono, H.S. 1988. Pondasi Tiang Pancang, Jilid 2. Sinar Jaya Wijaya. Surabaya
- Sastramadja, S.A. 1984. Anggaran Biaya Pelaksanaan, Jilid 1 dan 2. Nova. Bandung
- Setiyono, A.T. 2012. Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Gedung Rusunawa Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Tugas Akhir. Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”. Surabaya.
- Soeharto, M. 1999. Manajemen Proyek : Dari Konseptual Sampai Operasional. Erlangga. Jakarta.
- Sosrodarsono, dan Nakazawa. 2000. Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Tomlinson, P.B. 1986. *The Botany of Mangroves*. Cambridge University Press. Cambridge

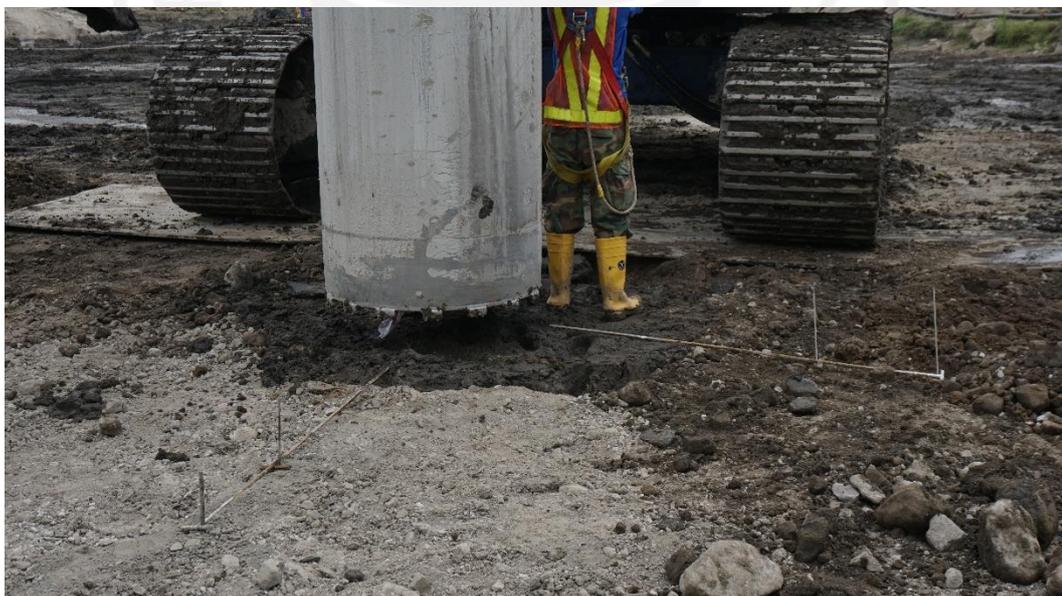


# LAMPIRAN

**Lampiran 1**  
**Gambar Alat Dan Bahan Material**



**Gambar L-1. 1 Pengambilan Titik Point**



**Gambar L-1. 2 Pemasangan Starter Casing**



**Gambar L-1. 3 Proses Pengeboran Menggunakan Mata Bor Auger**



**Gambar L-1. 4 Proses Pengeboran Menggunakan Soil Bore**



**Gambar L-1. 5 Proses Pembuangan Material Tanah**



**Gambar L-1. 6 Proses Penyambungan Casing Menggunakan Baut**



**Gambar L-1. 7 Proses Pengukuran Kedalaman Bore Pile**



**Gambar L-1. 8 Proses Pengeboran Menggunakan Bore Cleaning**



**Gambar L-1. 9 Proses Penempatan Isolator**



**Gambar L-1. 10 Proses Instalasi Tulangan**



**Gambar L-1. 11 Proses Instalasi Tremie**



**Gambar L-1. 12 Proses Pengecoran**



**Gambar L-1. 13 Proses Pencabutan Casing**

الجامعة الإسلامية  
الاستدراكية

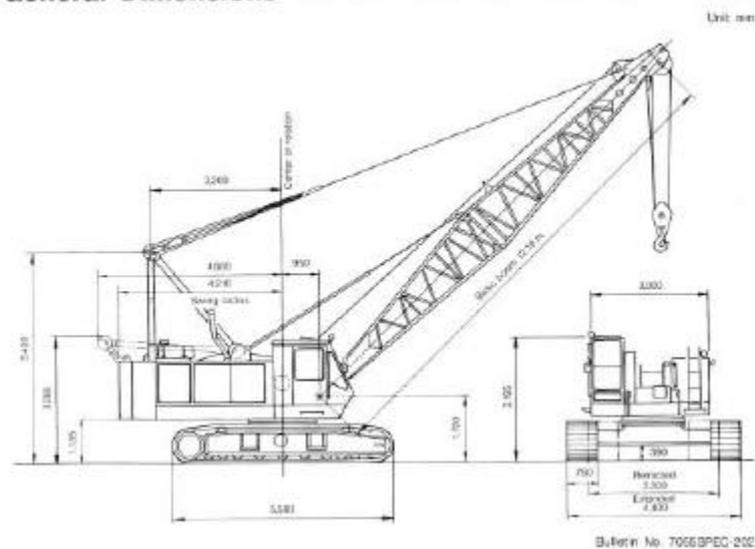
## Hydraulic Crawler Crane

**KOBELCO**

**7055** Max. lifting capacity: **55** metric tons at **3.7** meters  
Max. boom length: **51.82** meters  
**Specifications** Max. total length (boom + jib): **57.91** meters

- Tough winch that delivers extra lifting power
- Precise speed control for delicate inching operations
- Unrivaled fuel economy through a variable displacement hydraulic system
- Rationalized control layout for greater comfort and efficiency
- Lifetime floating seals and pre-lubricated bearings for maintenance-free operation

### General Dimensions



Gambar L-1. 14 Crawler Crane yang Digunakan

## Lifting Capacities

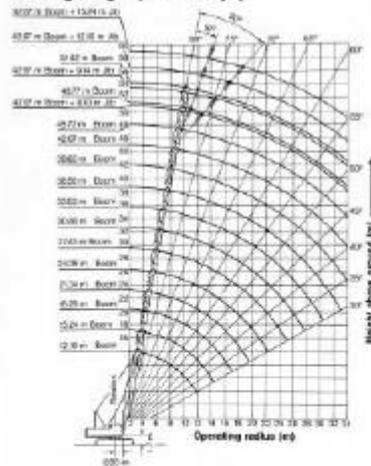
The following points should be kept in mind when interpreting the ratings given below.

1. Operating radius is the horizontal distance from center of rotation to the hoist load line or daisie with load applied.
2. Rated loads do not exceed 75% of lifting loads and include weights of the load, hook blocks, slings and other lifting devices.
3. Rated loads are for stationary, on-level cranes lifting a freely suspended load, and have been determined for ideal operating conditions. The user must limit or derate lifted loads to allow for adverse conditions such as soft or uneven ground, out-of-level conditions, wind, side loads, pendulum action, jerking or sudden stopping of loads, inexperience of personnel, multiple machine lifts and traveling with a load.
4. Rated loads apply only to upper lower boom, jib, auxiliary sheave, and 2,700kg counterweight manufactured by Kobe Steel, Ltd.
5. Boom telescopes are required for all boom lengths.
6. Daisies must be in fully retracted position for all operations.
7. Crawlers must be fully extended and be locked in position.
8. The crane must be leveled to within 1% on a firm supporting surface.
9. When lifting over boom point with jib or auxiliary sheave rated loads for the boom must be deducted as shown below.

Jib length (Daisie) kg	Aux. sheave	6.10m	9.14m	12.19m	15.24m
300	900	1,100	1,300	1,500	

10. The total load that can be lifted with the jib at any radius is limited by the lower of the following two ratings: 1) the rated jib load, or 2) the rated load at that radius for the boom on which the jib is mounted.
11. When lifting over the boom point with a jib or auxiliary sheave, the combined weight of boom hook block, jib hook block, slings and other lifting devices is part of the total load. Their total weight must therefore be subtracted from the rated load to obtain the weight that can be lifted.
12. Boom lengths for jib mounting are 20.46m to 42.67m.
13. An auxiliary sheave cannot be used on a 51.82m boom.
14. The boom should be extended over the front of the crawlers, not behind.

### Working Ranges (with fixed jib)

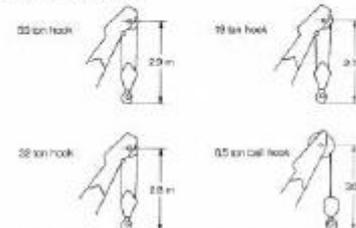


### Boom Component Chart

Boom length (meters) (ft)	Boom arrangement
15.24 (50)	Base-A7tp
18.29 (60)	Base-AATtp, Base-B7tp
21.34 (70)	Base-A8tp, Base-C7tp
24.38 (80)	Base-B8tp, Base-A-C7tp, Base-AA-B7tp
27.43 (90)	Base-B-C7tp, Base-A-B-8tp
30.48 (100)	Base-A-B-C7tp, Base-C-C7tp, Base-A-B-A-B7tp
33.53 (110)	Base-B-B-8tp, Base-B-B-C7tp, Base-A-C-C7tp
36.58 (120)	Base-A-B-B-C7tp, Base-B-C-C7tp
39.62 (130)	Base-B-C-A-C7tp
42.67 (140)	Base-A-B-B-C-C7tp, Base-B-C-B-C7tp
45.72 (150)	Base-A-B-B-C-C7tp
48.77 (160)	Base-B-B-C-C7tp
51.82 (170)	Base-B-B-A-C-C7tp

Base = 6.10 m (20'), Tip = 6.10 m (20')  
 Inserts: A = 3.05 m (10'), B = 3.0 m (10'), C = 0.14 m (5')

### Min. Distance between the Hook and the Point Sheave



NOTE: These lengths are recommended for boom and jib angles of 75° or less.

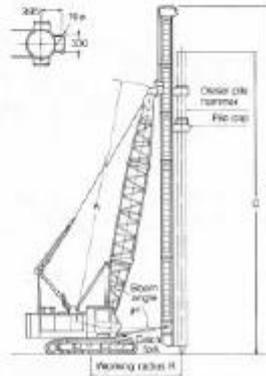
Gambar L-1. 15 Spesifikasi Crawler Crane

# Pile Driver

## Working Capacities with Standard Counterweight

Leader model		L24A																				
Diesel pile hammer	Model	KOBELCO K25				KOBELCO K35				KOBELCO K45												
	Hammer weight (ton)	5.2				7.5				10.5												
	Cap weight (ton)	0.5				1.0				1.8												
A	Boom length (m)	15.2	18.3	19.3	21.3	15.2	18.3	18.0	21.3	15.2	18.3	18.3										
B	Leader length (m)	21	24	27	30	21	24	27	30	21	24	27										
C	Pile length (m)	15.0	18.0	21.0	24.0	14.0	17.0	20.0	23.0	13.5	17.0	20.0										
		-14.5	-17.5	-20.5	-23.5	-13.5	-16.5	-19.5	-22.5	-13.0	-16.5	-19.5										
R	Working radius (m)	R	W	R	W	R	W	R	W	R	W	R	W									
W	Rated load (ton)																					
Boom angle (°)	62	—	—	5.2	6.5	6.2	6.5	5.7	6.8	—	—	5.0	6.0	6.5	5.4	6.5	5.4	5.0				
	61	—	—	5.6	6.5	6.6	6.5	6.0	6.8	—	—	5.6	6.0	6.5	6.1	6.5	—	5.7	6.5	5.7	5.0	
	60	5.4	6.5	6.9	6.5	6.9	6.5	6.4	6.5	3.4	6.0	6.9	6.0	6.5	6.5	6.5	5.5	6.5	6.0	6.5	6.0	5.0
	79	5.8	6.5	6.2	6.5	6.2	6.5	6.8	6.5	3.7	6.0	6.3	6.0	6.5	6.9	6.5	5.8	6.5	6.4	6.5	6.4	5.0
	78	5.9	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	7.2	6.5	3.9	6.0	6.6	6.0	6.5	7.2	6.5	6.0	6.5	6.7	6.5	6.7	5.0
	77	6.2	6.5	6.8	6.5	6.0	6.5	7.5	6.5	4.2	6.0	6.9	6.0	6.5	7.8	6.8	6.3	6.5	7.0	5.5	7.0	4.5
	76	6.4	6.5	7.2	6.5	7.2	6.5	7.9	6.5	4.5	6.0	7.2	6.0	7.2	8.0	4.0	6.6	6.5	7.3	4.8	7.3	2.0
	75	6.7	6.5	7.5	6.5	7.5	6.5	8.3	6.0	4.7	6.0	7.5	7.0	7.5	8.3	3.0	6.8	6.5	7.0	3.0	7.6	2.0
	74	6.9	6.5	7.8	6.5	7.8	6.5	8.8	5.0	7.9	6.0	7.8	6.0	7.8	8.5	2.0	7.1	5.5	7.9	2.0		
	73	7.2	6.5	8.1	6.5	8.1	6.5	9.0	4.0	7.3	6.0	8.1	5.0	8.1	4.5	0.0	1.5	7.3	4.5			
	72	7.5	6.5	8.4	6.5	8.4	6.5	9.3	3.5	7.5	7.5	8.5	4.0	8.5	3.5		7.6	3.2				
	71	7.7	6.5	8.7	6.0	8.7	5.5	9.7	2.5	7.8	6.5	8.8	3.0	8.8	2.5		7.9	2.5				

### Dimensions



### Note:

- 1) Figures assume the use of 160mm crawler shoes.
- 2) Crawler frames must be fully extended and locked.
- 3) Driving angle must be kept within 10° of the leader angle.
- 4) Recommended catch iron length: 4.1-5.5m.

NOTE: Due to our policy of continual product improvement, all designs and specifications are subject to change without advance notice. Address inquiries to:

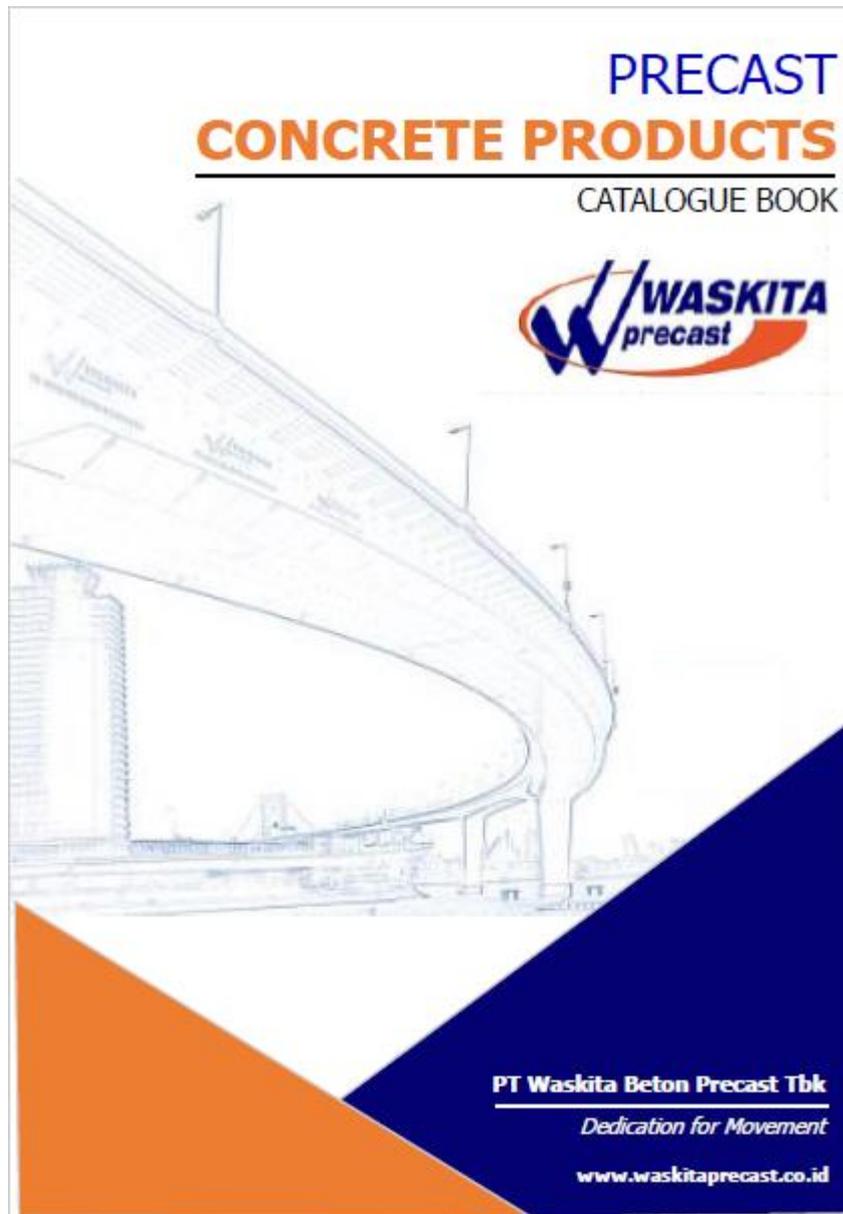
## KOBE STEEL, LTD.

ENGINEERING & MACHINERY DIVISION  
Construction Machinery & Compressor Group

2-7-8, Jingumae 6-chome, Shibuya-ku, Tokyo 150, Japan  
Tel: (03) 3797-7021/Fax: (03) 3797-7072

This catalog is printed on recycled paper.  
93040377 Printed in Japan

Gambar L-1. 16 Spesifikasi Pile Driver



Gambar L-1. 17 Katalog Tiang Pancang

# SPUN PILE



## Description

Pile that capable to support axial forces, and bending moment. This product have advantages in bending moment capacity. This product suitable to use in structure with dominant lateral forces such as bridges and docks. For Spun Pile with C-T Connection, this product can be used as retaining wall structure. This product can also be used on another structure

## Technical

**Type of Pile** : Prestressed Concrete Spun Pile  
**Join System** : Welded at join Plate  
**Type of shoe** : Pencil (Typical Product)  
 Mamira (By Order)  
 Cross Shoe (By Order)  
**Method of Driving** : Diesel or Hydraulic Hammer  
 Hydraulic Static Pile Driving  
 Innerboring

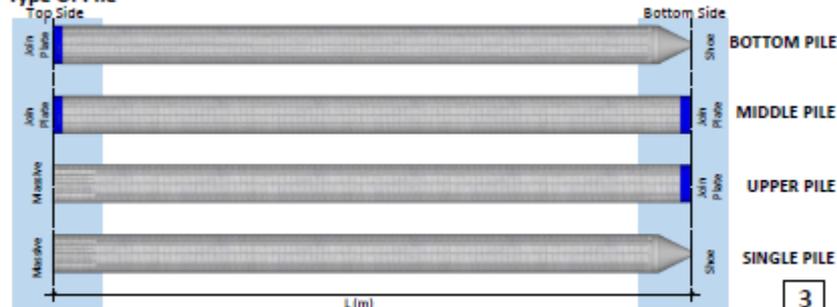
## Design & Manufacturing Reference

Design	JIS A5335-1987	Prestressed Concrete Spun Pile
	JIS 543-00	Design, Manufactured and Installation of Concrete Piles
	SNI 03-2847-2013	Indonesian Concrete Code

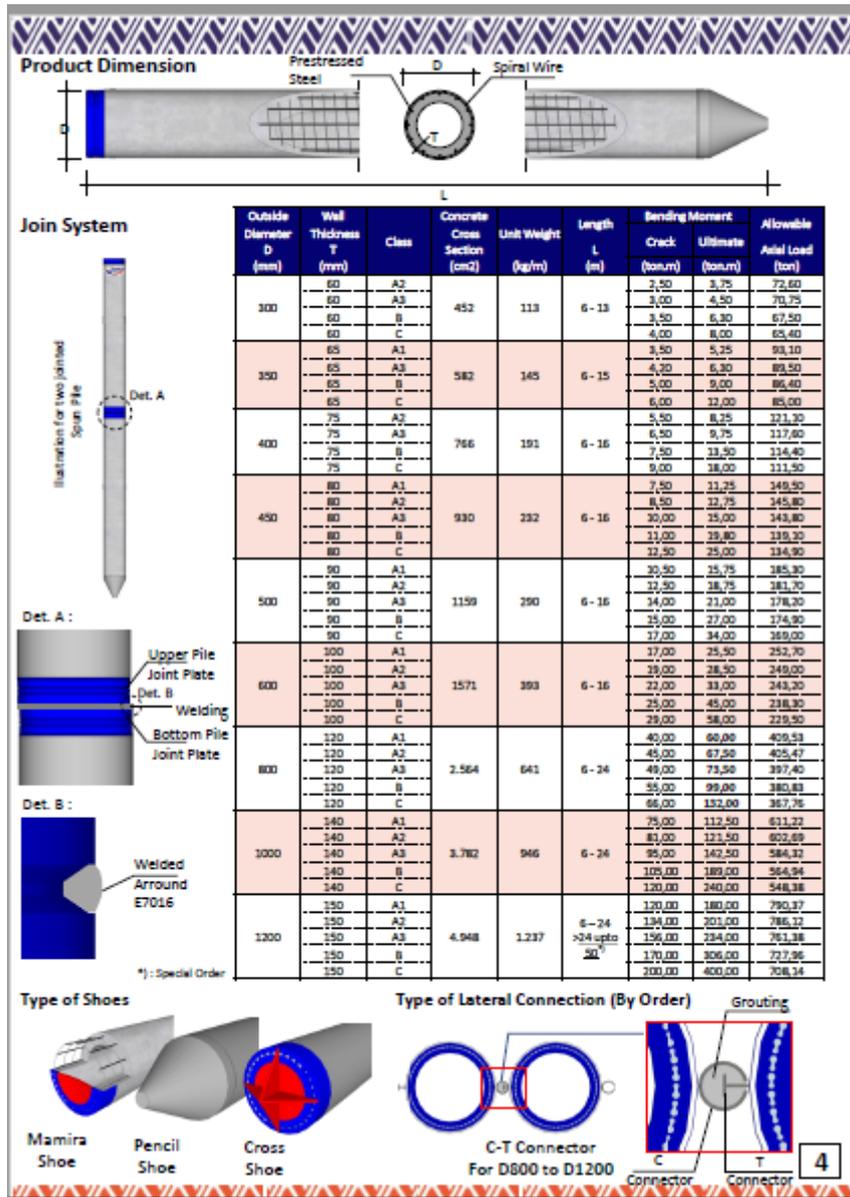
## Specification of Source Material

Item	Specification	Reference
Aggregate		ASTM C33 - 2016 (Standard Specification Concrete Aggregates) SNI 8321-2016 (Spesifikasi Agregat beton)
Cement		SNI 15-2049-2004 (Semen Portland)
Admixture		ASTM C494 - 2016 (Standard Specification for chemical admixture for concrete)
Concrete	Compressive Strength at: 28 Days : 600 kg/cm <sup>2</sup> (Cube), 50 MPa (Cylinder)	SNI 2847-2013 (Structural Concrete Requirement)
PC Wire	SBPDL 1275/1420	IS G 3536 : 2008 (Steel wires and strands for prestressed concrete)
	KJ(P)-R	SNI 1155 : 2011 (Kawat baja tanpa lapisan untuk konstruksi beton pratekan (PC Wire / KJ(P)))
PC Bar	SWPD-1	IS G 3137 : 2008 (Small diameter steel bars for prestressed concrete)
	KJ(P)-Q-R	SNI 7701 : 2011 (Kawat baja kuens (Quench) tempet untuk konstruksi beton pratekan (PC Bar / KJ(P-Q)))
Spiral Wire	SWM-A / SWM-P	IS G 3532 : 2011 (Low carbon steel wires)
Join Plate	SS400	IS G 3101 : 2011 (Rolled Steel for General Structure)
Mamira Shoes	SS400	IS G 3101 : 2011 (Rolled Steel for General Structure)
C-T Connector	For Female Connector : Steel Pipe Ø165,2 x 12 (SS400) For Male Connector : "T" Profile Steel (SS400)	IS G 3101 : 2011 (Rolled Steel for General Structure)
Welding	AWS E7016 (For joining spun pile) AWS E6013 (For installing C-T Connector)	AWS D1.1 : 2000 (Structural Welding Code - Steel)

## Type Of Pile



Gambar L-1. 18 Katalog Spesifikasi Tiang Pancang



Gambar L-1. 19 Katalog Spesifikasi Tiang Pancang

### Bearing Capacity Estimation

Based on : SE PUPR No. 31/SE/M/2015

Hiley Equation

$$P_u = \frac{e_f \times w \times H}{s + (c_1 + c_2 + c_3)/2} \cdot \frac{W + n^2 W_p}{W + W_p}$$

$$P_a = \frac{P_u}{N}$$

Where :

- H : Ram Stroke
- s : Penetration per Blow
- W : Ram Weight
- W<sub>p</sub> : Pile Weight
- e<sub>f</sub> : Hammer Efficiency (See Table 1)
- n : Restiution Coefficient (See Table 3)
- c<sub>1</sub> : Immediate stress that permitted on pile head (See Table 2)
- c<sub>2</sub> : Immediate stress that permitted for elastic deformation on pile (See Table 4)
- c<sub>3</sub> : Immediate stress that permitted for earthquake on site (See Table 4)
- N : Safety factor (N=3)

Other Equation

Type of Hammer	Type of Pile	Common Equation
Gravity	Steel, steel sheet	$P = \frac{3WH}{s+0,35} \left( \frac{W}{W+8} \right)$
Steam (Single Act.)	All Type	$P = \frac{2WH}{s+0,1}$
Steam (Double Act.)	All Type	$P = \frac{2E}{s+0,1}$
Diesel Hammer	All Type	$P = \frac{1,6E}{s+0,1 \left( \frac{W}{W_p} \right)}$

\* For diesel hammer, if (X/W) value less than 1, took 1 value

Calendering Graph Interpretation



Table 3

Material	n
Wooden Pile	0,25
Wooden Bearing above Steel Pile	0,32
Wooden Bearing on Steel Pile	0,4
Steel Pile without wooden bearing / Concrete Pile with bearing	0,5
Cast iron hammer above concrete pile without cap	0,4

Table 1

Jenis Palu	Efisiensi (e <sub>f</sub> )
Drop Hammer	0,75 - 1,00
Single Act. Hammer	0,75 - 0,85
Double Act. Hammer	0,85
Diesel Hammer	0,85 - 1,00

Table 2

Material	C <sub>1</sub> (mm)			
	Driving stress on pile head			
	3,5 MPa	7,0 MPa	10,5 MPa	14,0 MPa
Pole or steel pipe				
- Direct on pile head	0	0	0	0
- Direct on wooden pile head	1	1	3	5
Precast concrete pile with 75 – 100 mm cap thickness	3	6	9	12,5
Steel cap that contain wood for H-Steel pile or steel pipe pile	1	2	3	4
Cap block that contain 5 mm fiber component between two 10mm thickness steel plate	0,5	1	1,5	2

5

## Gambar L-1. 20 Katalog Spesifikasi Tiang Pancang

Bearing Capacity Estimation

Table 4

Stress	Material	Easy driving	Medium driving	Hard driving	Very hard driving
Pile Length, $c_2$	Wooden Pile ( $E = 10 \text{ kN/mm}^2$ )	0,33 L	0,67 L	1,0L	1,3 L
	Precast Concrete Pile ( $E = 14 \text{ kN/mm}^2$ )	0,25 L	0,5 L	0,75 L	1,0 L
	Steel Pile ( $E = 200 \text{ kN/mm}^2$ )	0,25 L	0,5 L	0,75 L	1,0 L
Earthquake, $c_3$	Soil around pile and below pile	1,3	1,3 - 2,5	3,8 - 6,	1,3 - 3,8

Note  
L is pile length (m)

Guide For Choosing Hammer Type

Step-1

Calculate Cylinder Weight

$$W = 0,5 P + 600$$

$$P = P_m L$$

Wheres:

- W : Cylinder Weight (kg)
- P : Pile Weight (kg)
- $P_m$  : Pile Unit Weight (kg/m)
- L : Pile Length (m)

Source : Buku Pondasi Tiang Pancang Vol.1,  
Ir. Sarjono HS

Step-2

Choose Hammer Type

Type	Cylinder Weight (kg)	Max. Cyl Stroke (m)	Frequency (Times/ min)
DD18	1800	2,1	40 - 60
DD25	2500	2,5	40 - 50
DD32	3200	2,5 / 30	40 - 50
DD40	4000	2,5 / 30	35 - 50
DD53	5300	2,5 / 30	45 - 50
DD63	6300	2,5 / 30	35 - 50
DD73	7300	2,5 / 30	35 - 50
DD83	8300	2,5 / 30	35 - 50
DD103	10300	2,5 / 30	35 - 50
DD113	11300	2,5 / 30	35 - 50
DD128	12800	2,5 / 30	35 - 50
DD160	16000	2,5 / 30	36 - 50
DD180	18000	2,5 / 30	37 - 50
DD200	20000	2,5 / 30	38 - 50

Source : Indotrading.com

Gambar L-1. 21 Katalog Spesifikasi Tiang Pancang

## Lampiran 2

### Data Proyek Rumah Sakit UII

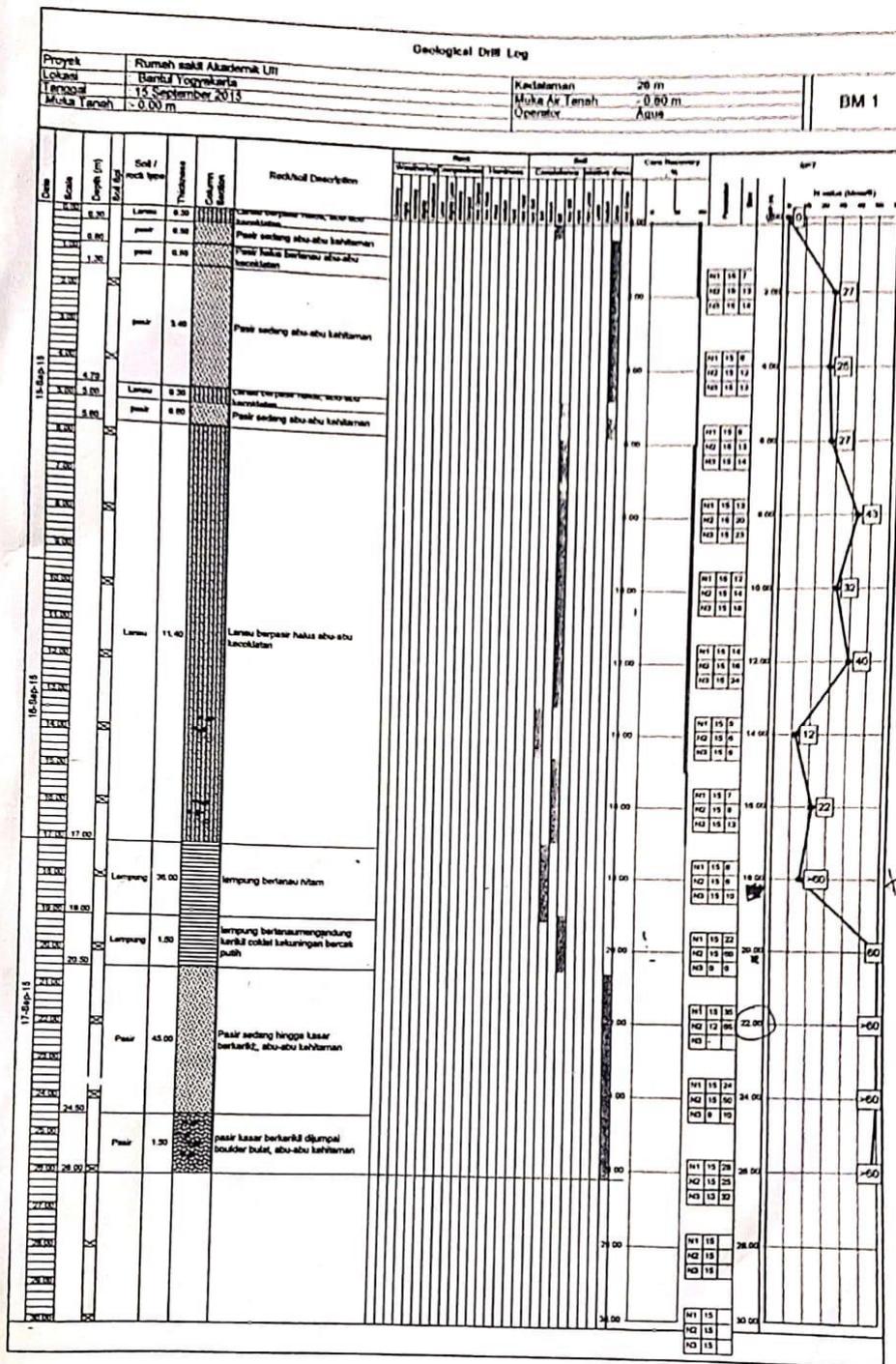


**Gambar L-2. Rencana Anggaran Biaya Rumah Sakit UII**

BILL of QUANTITIES (BoQ)					
PEKERJAAN BORE PILE					
PROYEK		: PEMBANGUNAN RUMAH SAKIT UII			
LOKASI		: JALAN SRANDAKAN KM 5,5 BANTUL YOGYAKARTA			
PEKERJAAN		: STRUKTUR			
PERIODE		: 2016			
NO.	JENIS PEKERJAAN	VOLUME	SAT.	HARGA SATUAN	JUMLAH HARGA
<b>1 PEKERJAAN BORED PILE</b>					
1.1	PDA & PIT test	2,00	titik	15.000.000,00	30.000.000,00
1.2	Upah bor Ø800 + buang lumpur	1.188,17	m <sup>3</sup>	675.000,00	802.013.400,00
1.3	Cor bor pile Ø800= 25 Mpa Slump 18±2	1.913,10	m <sup>3</sup>	1.639.816,00	3.137.138.548,86
1.4	Potong kepala bor pile	173,00	titik	250.000,00	43.250.000,00
JUMLAH TOTAL					4.012.401.948,86

**Gambar L-2. 2 Harga Pekerjaan Bore Pile**





Gambar L-2. 3 Data SPT

**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN, UII**  
 Jl. Kebang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 fax 895331 Yogyakarta 55564

Proyek : Perencanaan Rumah Baku Akademik UII  
 No Titik : S-1  
 Tanggal : 20 Agustus 2015  
 GWL : 1.50- m

Lokasi : Bantul Yogyakarta  
 Elevasi : 0.00 m  
 Kap. Borndr : 5,00 ton  
 Dikerjakan : Yudhugyana

**Data Sondir**

Kedalaman (m)	Cr (kg/cm <sup>2</sup> )	Cr + Fs (kg/cm <sup>2</sup> )	qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Fs (3 - 2) <sup>1/2</sup> Ac/Aa	local friction Fs x 20	total friction (total (0))	Friction ratio (%)
1	2	3	4	5	6	7	8
0.00	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
0.20	10	12	10	0.13	2.67	2.67	1.33
0.40	30	33	30	0.20	4.00	6.67	0.67
0.60	25	28	25	0.20	4.00	10.67	0.60
0.80	50	55	50	0.33	6.67	17.33	0.67
1.00	40	45	40	0.33	6.67	24.00	0.63
1.20	10	13	10	0.20	4.00	28.00	2.00
1.40	5	6	5	0.07	1.33	29.33	1.33
1.60	5	6	5	0.07	1.33	30.67	1.33
1.80	5	6	5	0.07	1.33	32.00	1.33
2.00	5	6	5	0.07	1.33	33.33	1.33
2.20	10	13	10	0.20	4.00	37.33	2.00
2.40	10	14	10	0.27	5.33	42.67	2.67
2.60	12	15	12	0.20	4.00	46.67	1.67
2.80	10	13	10	0.20	4.00	50.67	2.00
3.00	40	45	40	0.33	6.67	57.33	0.83
3.20	50	55	50	0.33	6.67	64.00	0.67
3.40	60	65	60	0.33	6.67	70.67	0.56
3.60	50	54	50	0.27	5.33	76.00	0.53
3.80	60	65	60	0.33	6.67	82.67	0.56
4.00	30	33	30	0.20	4.00	86.67	0.67
4.20	30	33	30	0.20	4.00	90.67	0.67
4.40	75	83	75	0.53	10.67	101.33	0.71
4.60	110	122	110	0.80	16.00	117.33	0.73
4.80	110	120	110	0.67	13.33	130.67	0.61
5.00	115	125	115	0.67	13.33	144.00	0.58
5.20	105	115	105	0.67	13.33	157.33	0.63
5.40	105	115	105	0.67	13.33	170.67	0.63
5.60	115	125	115	0.67	13.33	184.00	0.58
5.80	140	155	140	1.00	20.00	204.00	0.71
6.00	125	135	125	0.67	13.33	217.33	0.53
6.20	145	155	145	0.67	13.33	230.67	0.46
6.40	125	135	125	0.67	13.33	244.00	0.53
6.60	115	124	115	0.60	12.00	256.00	0.52
6.80	65	72	65	0.47	9.33	265.33	0.72
7.00	60	65	60	0.33	6.67	272.00	0.56
7.20	70	80	70	0.67	13.33	285.33	0.95
7.40	100	110	100	0.67	13.33	298.67	0.67
7.60	125	135	125	0.67	13.33	312.00	0.53
7.80	90	105	90	1.00	20.00	332.00	1.11
8.00	90	100	90	0.67	13.33	345.33	0.74
8.20	100	115	100	1.00	20.00	365.33	1.00
8.40	140	155	140	1.00	20.00	385.33	0.71
8.60	120	132	120	0.80	16.00	401.33	0.67
8.80	60	68	60	0.53	10.67	412.00	0.89
9.00	90	100	90	0.67	13.33	425.33	0.74
9.20	130	145	130	1.00	20.00	445.33	0.77
9.40	150	165	150	1.00	20.00	465.33	0.67
9.60	165	180	165	1.00	20.00	485.33	0.61
9.80	180	195	180	1.00	20.00	505.33	0.56
10.00	195	205	195	0.67	13.33	518.67	0.34

Gambar L-2. 4 Data CPT



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN, UII**  
J. Kalung KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

Proyek : Perencanaan Rumah Sakit Akademik UII  
No Titik : S-1  
Tanggal : 20 Agustus 2015  
GWL : 1.50- m

Lokasi : Bantul Yogyakarta  
Elevasi : 0.00 m  
Kap. Sondir : 5,00 ton  
Dikerjakan : Yudi/Sugiyana

**Data Sondir**

Kedalaman (m)	Cr (kg/cm <sup>2</sup> )	Cr + Fs (kg/cm <sup>2</sup> )	qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Fs (3 - 2)*Ac/As	local friction Fs x 20	total friction (total (6))	Friction ratio (%)
1	2	3	4	5	6	7	8
10.00	195	205	195	0.67	13.33	618.67	0.34
10.20	175	190	175	1.00	20.00	538.67	0.57
10.40	162	185	162	1.53	30.67	569.33	0.95
10.60	160	175	160	1.00	20.00	589.33	0.63
10.80	175	195	175	1.33	26.67	616.00	0.76
11.00	175	195	175	1.33	26.67	642.67	0.76
11.20	180	200	180	1.33	26.67	669.33	0.74
11.40	170	190	170	1.33	26.67	696.00	0.78
11.60	195	205	195	0.67	13.33	709.33	0.34
11.80	220	235	220	1.00	20.00	729.33	0.45
12.00	250	260	250	0.67	13.33	742.67	0.27
12.20							
12.40							
12.60							
12.80							
13.00							
13.20							
13.40							
13.60							
13.80							
14.00							
14.20							
14.40							
14.60							
14.80							
15.00							
15.20							
15.40							
15.60							
15.80							
16.00							
16.20							
16.40							
16.60							
16.80							
17.00							
17.20							
17.40							
17.60							
17.80							
18.00							
18.20							
18.40							
18.60							
18.80							
19.00							
19.20							
19.40							
19.60							
19.80							
20.00							

Gambar L-2. 5 Data CPT



## Lampiran 3

### Hasil Wawancara dengan narasumber

#### Wawancara Metode Pelaksanaan Bore pile Rumah Sakit UII

**Pertanyaan : Bagaimana Pelaksanaan metode pondasi bore pile di Rumah Sakit UII?**

Kedalaman pondasi 22 m dan ada perubahan terkait dimensi pondasi yang semula 60 cm menjadi 80 cm. <sup>80 cm</sup> dilihat kondisi tanah dan muka air tanah menggunakan casing diameter 8820. Umumnya di lapangan panjang casing tidak sesuai panjang pondasi dan menggunakan <sup>slurry</sup> untuk mempermudah pengeboran di bagian bawah. Untuk rumah sakit uii tidak menggunakan <sup>slurry</sup> dan menggunakan casing (*double work all casing*). Pemasangan casing tidak full sedalam 22 meter kurang lebih sekitar 70% dengan jumlah 3 casing (6m).

Untuk tahapan pertama pengambilan titik point menggunakan theodolite dan dibantu alat lainnya dan membuat shop drawing dan dilakukan setting out alat ukur. Pemasangan starter casing dilakukan dengan alat bantu besi-besi yang berfungsi untuk membantu peletakan casing sesuai dengan as lubang bor. Starter casing pada bagian bawahnya berbentuk gerigi yang berfungsi mempermudah lubang pengeboran dan dilakukan vertikalisasi menggunakan waterpass.

Pemasangan starter casing dilakukan vertikalisasi dengan alat bor menggunakan mata bor auger. Setelah proses pengeboran casing pertama menggunakan auger kemudian mata bore diganti dengan soil bore yang berfungsi untuk mengangkat sisa tanah. Setelah starter casing tertanam kemudian dilakukan penyambungan casing kedua, casing dilapisi pelumas dan disambung menggunakan baut disetiap sisi. Proses pengeboran kedua dilakukan pengeboran menggunakan casing bor. Setelah casing kedua tertanam kemudian dilakukan pengeboran kembali menggunakan soil bore dengan bantuan air. <sup>Setelah</sup> itu dilakukan pengukuran kedalaman menggunakan roll meter. Setelah itu mata bor diganti dari soil bore dengan cleaning bor untuk pengeboran tanah lunak. Proses pengeboran dilakukan dengan proses yang sama untuk casing yang ketiga.

Setelah pengeboran sesuai dengan kedalaman, kemudian dilakukan pemasangan osilator sebagai pijakan di permukaan lubang bor. Setelah itu dilakukan instalasi tulangan, <sup>tulangan</sup> dibagi menjadi 2 bagian dan dimasukkan ke dalam lubang bor. Penyambungan tulangan besi disambung menggunakan mesin las. Setelah selesai instalasi tulangan kemudian dilakukan pemasangan pipa tremie. Pada permukaan lubang bore dipasang rumah tremie.

Setelah itu dilakukan proses pengecoran sampai beton naik ke permukaan. Dan setelah itu casing dicabut menggunakan crane. Dikarenakan casing tidak sampai

kedalaman sepenuhnya maka terjadi perbedaan dalam perhitungan volume pengecoran dan kemungkinan beton yang didasar meluber ke dalam tanah

**Pertanyaan : berapa produksi bore pile dalam 1 hari saat di proyek rumah sakit UII?**

Produksi dalam 1 hari 4-5 titik dengan durasi jam 8 pagi sampai 10 malam dengan cuaca cerah. Total pengerjaan 3,5 bulan sesuai dengan jadwal rencana.

Pelaksanaan tahap awal full structural sampai topping off, baru topping off setelah itu masuk pekerjaan arsitektural 2 Mei 8.

**Pertanyaan : Kapan dilakukan pemotongan kepala tiang?**

Pemotongan kepala tiang dilakukan setelah beton kering dan telah dilakukan ~~test~~ PDA dan PIT tes. Persiapan PDA tes selama 3 jam, dilakukan dengan melakukan galian di sekitar tiang kemudian dilakukan perkuatan di area sekitar tiang menggunakan batu.

Yogyakarta, 26 Januari 2022



Heri Rusbendi, S.T.M.T.

## **Wawancara Metode Pelaksanaan Pondasi Tiang Pancang di Lapangan**

### **Pertanyaan : Bagaimana Metode pemancangan di lapangan?**

Metode pemancangan di lapangan dimulai dengan perataan area, kemudian alat pancang sudah berada di lokasi, material tiang pancang sudah berada di lokasi sehingga pemancangan dapat dilaksanakan. Pada saat saya melaksanakan pekerjaan pondasi tiang pancang, 200 titik bisa dalam 1 hari dengan panjang tiang 18 m. alat pancang berbagai macam ada hidrolik ada cor. Saya menggunakan hidrolik, dikarenakan durasi pemancangan lebih cepat dan senyap. 1 hari menggunakan hidrolik bisa 200 titik. Ketika proyek dekat dengan penduduk pasti akan kena complain karena menghasilkan kebisingan.

### **Pertanyaan : kelebihan dan kekurangan dari setiap alat pancang?**

Kelengkapan alat drop hammer menggunakan banyak alat bantu yang lain. Seperti perlu crane untuk mengangkat tiang untuk dipindahkan ke dekat titik pemancangan. Kemudian perlu untuk setting out alat yang lama. Kalau hidrolik semua sudah jadi satu di alat hidrolik tersebut.

### **Pertanyaan : Bagaimana urutan pemancangan tiang dalam satu pile cap?**

Urutan pemancangan tiang sudah terhitung dalam perencanaan jarak antar tiang. Urutan pemancangan haruslah memperhatikan material tiang pancang yang meyangkut umur beton. Selain itu, urutan pemancangan tiang dilakukan sesuai dengan gambar kerja. Sebagai contoh dalam satu pile cap terdapat 4 titik. Dan alat pemancang pada hidrolik terletak pada bagian tengah alat, fungsi alat hidrolik pancang juga sebagai pengangkat katrol untuk mengambil material tiang yang akan dipancang masuk ke bagian tengah alat dan di setting. Penggunaan hidrolik itu sangat cepat. Durasi pengerjaan mulai dari pengambilan material tiang sampai memancang 5 menit selesai. Dalam 1 hari 200 titik tiang telah selesai dipancang dengan catatan area telah clear.

### **Pertanyaan : Bagaimana tahapan pembuatan pile cap?**

Pembuatan pile cap dilakukan setelah tiang telah terpancang. Setelah itu digali sesuai dengan bentuk dari pile cap.

### **Pertanyaan : Kapan dilakukana pemotongan kepala tiang?**

Lokasi proyek dibagi menjadi 2 zona. 1 zona terdapat berapa titik. Ketika zona pertama telah selesai maka pemancangan dilanjutkan ke zona selanjutnya. Dan pada zona pertama bisa dilakukan pemotongan tiang tanpa mengganggu proses pemancangan.

**Pertanyaan : perbandingan biaya antara pelaksanaan bore pile dan tiang pancang?**

Belum pernah membandingkan secara langsung, namun jika secara waktu lebih cepat hidraulik daripada bore pile. Pada saat melaksanakan proyek di daerah Jakarta, pernah mengerjakan pondasi Bore pile kedalaman 30 meter lebih dengan diameter besar. Bore pile memiliki kelemahan dari mobilisasi alat karena harus menunggu kering dulu baru di potong baru alat bisa masuk. Penggunaan alat Hidrolik 200 titik ga sampe 2 minggu.

Pada saat melaksanakan proyek di agung podomoro menggunakan drop hammer. Lingkungan sekitar banyak penduduk sehingga harus menggeser penduduk sekitar. Namun masih tetap ada penduduk yang tinggal di sekitar proyek. Pada akhirnya penduduk pindah dengan sendirinya karena kebisingan yang dihasilkan oleh drop hammer sangat tinggi.

**Pertanyaan : Durasi pekerjaan Bore pile dalam satu hari?**

Pekerjaan bore pile membutuhkan waktu yang lama karena banyak tahapan yang harus diselesaikan. Setengah hari bisa dapat 5 titik sudah cepat

Yogyakarta, Januari 2022

  
Rio Marzoli:

## Lampiran 4 Surat izin penelitian



FAKULTAS PROGRAM STUDI  
TEKNIK SIPIL TEKNIK SIPIL  
& PERENCANAAN

Nomor : 312/Ka. Prodi PSTS/20/TA/IX/2021  
Hal : Permohonan Izin Penelitian & Pengambilan Data untuk TA

Kepada Yth:  
Ketua Umum Pengurus  
Yayasan Badan Wakaf  
Universitas Islam Indonesia

*Assalamu'alaikum Wr.Wb.*

Dalam rangka mempersiapkan mahasiswa untuk menempuh ujian Tugas akhir/Skripsi maka setiap mahasiswa diwajibkan untuk menyusun Tugas Akhir/skripsi. Sehubungan dengan hal tersebut diatas maka diperlukan data-data, baik dari instansi Pemerintah BUMN, ataupun dari perusahaan swasta/Proyek.

Berdasarkan alasan-alasan tersebut diatas, maka dengan ini kami mohon bantuannya untuk dapat memberikan izin Penelitian dan Pengambilan Data untuk keperluan penyusunan Tugas Akhir bagi mahasiswa Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Adapun nama mahasiswa tersebut adalah:

Nama : ALFANDY DWI YULISTYAWAN  
No. Mhs : 17511215  
Prodi : Teknik Sipil

Demikian permohonan ini kami sampaikan, atas bantuan dan kerjasamanya kami ucapkan banyak terima kasih.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*



Tembusan:  
1. Direktur PT. Unisia Edu Medika

Gedung KH. Moh. Wachid Lt.1 Sayas Temeur  
Jl. Kalitirang Km 14,5 Yogyakarta  
Telp. (0274) 898444 ext. 3235  
Fax. (0274) 895330

Nomor : 0057/INT-PYBW/X/2021  
Hal : Ijin Penelitian Tugas Akhir

Kepada Yth:  
Sekretaris Program S1 Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan UII  
Di Yogyakarta

*Assalamu 'alaikum Wr. Wb.*

Memperhatikan surat Saudara Nomor 312/Ka. Prodi PSTS/20/TA/IX/2021 tanggal 22 September 2021 perihal Permohonan Ijin Penelitian & Pengambilan Data untuk TA, Pengurus Yayasan Badan Wakaf UII tidak keberatan dan dapat memberikan ijin mahasiswa a.n. Alfandy Dwi Yulistyawan Nomor Mahasiswa 17511215 untuk melaksanakan kegiatan penelitian/pengambilan data di Rumah Sakit UII.

Ijin tersebut diberikan dalam rangka penyusunan Tugas Akhir dengan judul "Evaluasi Pekerjaan Pondasi Pada Bangunan Gedung Bertingkat (Studi Kasus Gedung Rumah Sakit UII)". Untuk pelaksanaannya, mahasiswa yang bersangkutan dapat melakukan pengambilan data sesuai dengan hasil koordinasi dengan Tim Proyek Pembangunan Gedung Rumah Sakit UII terdahulu.

Demikian, atas perhatiannya disampaikan terima kasih.

*Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.*

Yogyakarta, 12 Oktober 2021 M  
06 Rabi'ul Awal 1443 H



Ketua Umum,

*[Signature]*  
Drs. Suwarsono Muhammad, M.A.

Tembusan:

1. Sdr. Alfandy Dwi Yulistyawan (FTSP UII);
2. Tim Proyek Pembangunan Gedung RS UII.

## Lampiran 5

### Peraturan Yang Berkaitan

LAMPIRAN  
PERATURAN MENTERI PEKERJAAN  
UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT  
NOMOR : 28/PRT/M/2016  
TENTANG  
ANALISIS HARGA SATUAN PEKERJAAN  
BIDANG PEKERJAAN UMUM.

- A. BAGIAN 1:  
ANALISIS HARGA SATUAN PEKERJAAN (AHSP)  
BIDANG UMUM
- B. BAGIAN 2:  
ANALISIS HARGA SATUAN PEKERJAAN (AHSP)  
BIDANG SUMBER DAYA AIR
- C. BAGIAN 3:  
ANALISIS HARGA SATUAN PEKERJAAN (AHSP)  
BIDANG BINA MARGA
- D. BAGIAN 4:  
ANALISIS HARGA SATUAN PEKERJAAN (AHSP)  
BIDANG CIPTA KARYA

JDIH Kementerian PUPR

**Gambar L-5. 1 Lampiran Peraturan PUPR No 28 Tahun 2016**



WALIKOTA YOGYAKARTA  
DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

PERATURAN WALIKOTA YOGYAKARTA  
NOMOR 110 TAHUN 2016

TENTANG  
STANDAR HARGA BARANG DAN JASA  
PADA PEMERINTAH KOTA YOGYAKARTA  
DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA

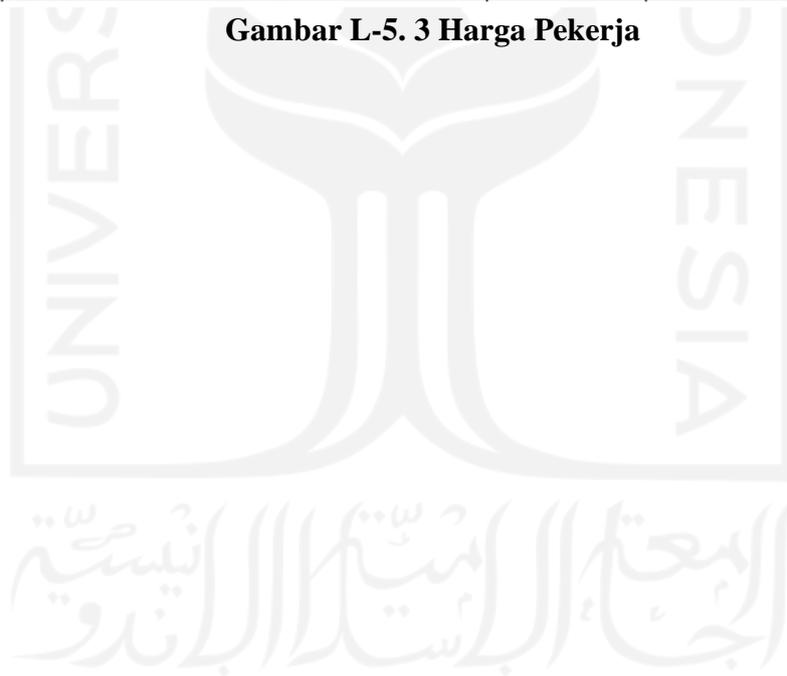
WALIKOTA YOGYAKARTA,

- Menimbang :
- a. bahwa berdasarkan Pasal 93 ayat (5) Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 13 Tahun 2006 tentang Pedoman Pengelolaan Keuangan Daerah sebagaimana telah diubah beberapa kali terakhir dengan Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 21 Tahun 2011 tentang Perubahan Kedua atas Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 13 Tahun 2006 tentang Pedoman Pengelolaan Keuangan Daerah, perlu adanya standar harga satuan setiap unit barang/jasa di Pemerintah Kota Yogyakarta;
  - b. bahwa Peraturan Walikota Yogyakarta Nomor 50 Tahun 2015 tentang Standarisasi Harga Barang dan Jasa pada Pemerintah Kota Yogyakarta, sudah tidak sesuai lagi dengan situasi, kondisi dan perkembangan ekonomi saat ini, sehingga perlu dicabut dan diganti;
  - c. bahwa berdasarkan pertimbangan sebagaimana dimaksud pada huruf a dan b, perlu menetapkan Peraturan Walikota Yogyakarta tentang Standarisasi Harga Barang dan Jasa pada Pemerintah Kota Yogyakarta.

**Gambar L-5. 2 Peraturan Walikota Yogyakarta No 110 Tahun 2016**

No	Tenaga Kerja	Satuan	Upah (Rp.)
1	Pekerja	Jam	7.321,00
2	Tukang	Jam	8.750,00
3	Mandor	Jam	9.464,00
4	Operator	Jam	8.750,00
5	Pembantu Operator	Jam	7.321,00
6	Sopir / Driver	Jam	8.750,00
7	Pembantu Sopir / Driver	Jam	7.321,00
8	Mekanik	Jam	9.464,00
9	Pembantu Mekanik	Jam	8.035,00
10	Kepala Tukang	Jam	9.464,00

Gambar L-5. 3 Harga Pekerja



No	Nama Alat	Satuan	Harga Satuan (Rp.)
1	Asphalt Mixing Plant	T/Jam	3.981.125,00
2	Asphalt Finisher	T	588.646,00
3	Asphalt Sprayer	Ltr	66.323,00
4	Bulldozer 100-150 Hp	-	667.448,00
5	Compressor 4000-6500 L/M	Ltr/m	192.703,00
6	Concrete Mixer 0.3-0.6 M3	Ltr	42.524,00
7	Crane 10-15 Ton	T	366.236,00
8	Dump Truck 3.5 Ton	T	184.249,00
9	Dump Truck 10 Ton	T	429.836,00
10	Excavator 80-140 Hp	M3	403.070,00
11	Flat Bed Truck 3-4 M3	T	226.772,00
12	Generator Set	KVA	339.320,00
13	Motor Grader > 100 Hp	-	471.130,00
14	Track Loader 75-100 Hp	M3	333.410,00
15	Wheel Loader 1.0-1.6 M3	M3	419.064,00
16	Three Wheel Roller 6-8 T	T	144.397,00
17	Tandem Roller 6-8 T	T	347.905,00
18	Tire Roller 8-10 Ton	T	354.732,00
19	Vibratory Roller 5-8 T	T	398.584,00
20	Concrete Vibrator	-	39.783,00
21	Stone Crusher	T/Jam	700.799,00
22	Water Pump 70-100 mm	-	28.523,00
23	Water Tanker 3000-4500 L	Ltr	284.086,00
24	Pedestrian Roller	T	50.343,00
25	Tamper	Km/jam	36.066,00
26	Jack Hammer	M3/jam	26.197,00
27	Fulvi Mixer	-	177.709,00
28	Concrete Pump	M3	337.522,00
29	Trailer 20 T	T	387.825,00
30	Pile Drive + Hammer	T	57.146,00
31	Crane On Track 35 T	T	221.446,00
32	Welding Set	Amp	81.791,00
33	Bore Pile Machine	M	683.668,00
34	Asphalt Liquid Mixer	Ltr	170.478,00
35	Tronton	T	332.214,00
36	Cold Milling	M	847.037,00
37	Rock Drill Breaker	-	192.913,00

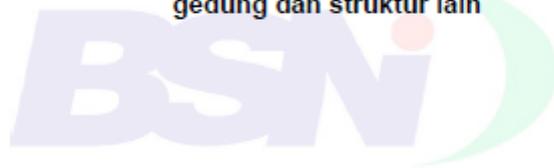
Gambar L-IV. 4 Harga Sewa Alat

No	Nama Alat	Satuan	Harga Satuan (Rp.)
38	Cold Recycler	M	1.509.414,00
39	Hot Recycled	M	687.914,00
40	Aggregat (Chip) Spreader	M	261.864,00
41	Asphalt Distributor	Ltr	219.659,00
42	Slip Form Paver	M	203.229,00
43	Concrete Pan Mixer	Ltr	300.054,00
44	Concrete Breaker	M3/jam	507.184,00
45	Asphalt Tanker	Ltr	353.841,00
46	Cement Tanker	Ltr	328.241,00
47	Concrete Mixer (350)	Ltr	48.931,00
48	Vibrating Hammer	Kg	24.513,00
49	Truck Mixer (Agitator)	M3	490.510,00
50	Bore Pile Machine	CM	267.321,00
51	Crane On Track 75-100 T	T	344.671,00
52	Blending Equipment	T	116.571,00
53	Asphalt Liquid Mixer	Ltr	116.182,00
54	Bar Bender	-	14.780,00
55	Bar Cutter	-	14.780,00
56	Breaker	M3/jam	147.511,00
57	Grouting Pump	T	180.371,00
58	Jack Hidrolic	T	21.000,00
59	Mesin Las	T	22.101,00
60	Pile Driver Leader 75 Kw	Kw	131.081,00
61	Pile Hammer	-	36.171,00
62	Pile Hammer 2.5 T	T	17.714,00
63	Stressing Jack	T	197.447,00
64	Welding Machine 300 A	-	24.286,00

Gambar L-5. 5 Harga Sewa Alat

الجامعة الإسلامية  
الاستاذ الدكتور

Beban minimum untuk perancangan bangunan  
gedung dan struktur lain



**Gambar L-5. 6 SNI 1727 Tahun 2013**



Tabel 4-1 ( Lanjutan )

Hunian atau penggunaan	Merata pef (kN/m <sup>2</sup> ) <sup>a</sup>	Terpucat lb (kN)
Busuran tangga, rel pengaman dan batang pegangan	Lihat pasal 4.5	
Helipad	60 (2,87) <sup>a</sup> tidak boleh direduksi	<sup>kl</sup>
Rumah sakit: Ruang operasi, laboratorium Ruang pasien Koridor di atas lantai pertama	60 (2,87) 40 (1,92) 80 (3,83)	1 000 (4,45) 1 000 (4,45) 1 000 (4,45)
Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan Ruang baca Ruang penyimpanan Koridor di atas lantai pertama	60 (2,87) 150 (7,18) <sup>A, h</sup> 80 (3,83)	1 000 (4,45) 1 000 (4,45) 1 000 (4,45)
Pabrik Ringan Berat	125 (6,00) <sup>g</sup> 250 (11,97) <sup>g</sup>	2 000 (8,90) 3 000 (13,40)
Gedung perkantoran: Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian Lobi dan koridor lantai pertama Kantor Koridor di atas lantai pertama	100 (4,79) 50 (2,40) 80 (3,83)	2 000 (8,90) 2 000 (8,90) 2 000 (8,90)
Lembaga hukum Blok sel Koridor	40 (1,92) 100 (4,79)	
Tempat rekreasi Tempat bowling, Kolam renang, dan penggunaan yang sama Bangsal dansa dan Ruang dansa Gimnasium Tempat menonton balok terbuka atau tertutup Stadium dan tribun/arena dengan tempat duduk tetap (terikat pada lantai)	75 (3,59) <sup>g</sup> 100 (4,79) <sup>g</sup> 100 (4,79) <sup>g</sup> 100 (4,79) <sup>kk</sup> 60 (2,87) <sup>kk</sup>	
Rumah tinggal Hunian (satu keluarga dan dua keluarga) Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur Semua ruang kecuali tangga dan balkon Semua hunian rumah tinggal lainnya Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka Ruang publik <sup>g</sup> dan koridor yang melayani mereka	10 (0,48) <sup>l</sup> 20 (0,96) <sup>h</sup> 30 (1,44) 40 (1,92) 40 (1,92) 100 (4,79)	

Gambar L-5. 7 SNI 1727 Tahun 2013 Pembebanan Pelat Lantai