



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

PROYEK AKHIR - VC 191845

## PERENCANAAN PONDASI *PILE RAFT* PADA GEDUNG APARTEMEN GUNAWANGSA GRESIK

ILHAM PRADANA KUSUMA  
NRP: 10111610013020

DOSEN PEMBIMBING 1  
Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA.  
NIP. 19501011 198203 1 002

DOSEN PEMBIMBING 2  
Afif Navir Refani S.T.,M.T.  
NIP. 19840919 201504 1 001

PROGRAM SARJANA TERAPAN  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2020



**PROYEK AKHIR - VC 191845**

# **PERENCANAAN PONDASI *PILE RAFT* PADA GEDUNG APARTEMEN GUNAWANGSA GRESIK**

**ILHAM PRADANA KUSUMA**  
NRP: 10111610013020

**DOSEN PEMBIMBING 1**  
Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA.  
NIP. 19501011 198203 1 002

**DOSEN PEMBIMBING 2**  
Afif Navir Refani S.T.,M.T.  
NIP. 19840919 201504 1 001

**PROGRAM SARJANA TERAPAN  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2020**



**FINAL PROJECT - VC 191845**

# **DESIGN OF PILE RAFT FOUNDATION ON GUNWANGSA APARTEMENT GRESIK**

**ILHAM PRADANA KUSUMA**  
NRP: 10111610013020

**SUPERVISOR 1**  
Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA.  
NIP. 19501011 198203 1 002

**SUPERVISOR 2**  
Afif Navir Refani S.T.,M.T.  
NIP. 19840919 201504 1 001

**BACHELOR APPLIED DEGREE PROGRAM  
DEPARTMENT OF CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING  
FACULTY OF VOCATION  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2020**

## LEMBAR PENGESAHAN

### PERENCANAAN PONDASI PILE RAFT PADA GEDUNG APARTEMEN GUNAWANGSA GRESEK

#### PROYEK AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Terapan  
pada  
Program Sarjana Terapan  
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya

Surabaya, 21 Agustus 2020

Oleh:

**MAHASISWA**



Ilham Pradana Kusuma  
NRP. 10111610013020

Disetujui Oleh:

**DOSEN PEMBIMBING 1**



Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA.

NIP. 19501011 198203 1 002

**DOSEN PEMBIMBING 2**



Afif Navir Refani S.T., M.T.

NIP. 19840919 201504 1 001

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



## Berita Acara Sidang Proyek Akhir

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS

Semester Genap 2019-2020

Nomor BA :

Nomor Jadwal : **10**

Preram Studi : D4 Teknik Sipil (TRPPBS)

Diinout oleh : Aan Fauzi, ST., MT.

Bahwa pada hari ini : **Senin, 03-Agt-2020**

Pukul : **10:00** s/d **12:00**

Di tempat : **Online Meeting**

Telah dilaksanakan sidang Proposal Tugas Akhir dengan judul:

**PERENCANAAN PONDASI PILE RAFT PADA GEDUNG APARTEMEN GUNAWANGSA GREKIS**

Yang dihadiri dan diresentasikan oleh mahasiswa :

( Hadir / Tidak Hadir)

**10111610013020 ILHAM PRADANA KUSUMA**

**Hadir**

Yang dihadiri oleh dosen Pembimbing:

( Hadir / Tidak Hadir)

1 Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA

**Hadir**

2 Aff Navir Refani, ST., MT.

**Hadir**

Yang dihadiri oleh dosen Penguji:

( Hadir / Tidak Hadir)

1 Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.

**Hadir**

2 Dr. Moh. Muntaha, ST., MT.

**Hadir**

3 Aan Fauzi, ST., MT.

**Hadir**

Bahwasanya musyawarah pembimbing dan penguji pada sidang provek akhir ini memutuskan:

**10111610013020 ILHAM PRADANA KUSUMA**

**LULUS, DENGAN REVISI MINOR**

Catatan / revisi / masukan :

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D.

- Analisa kondisi eksisting yg sudah dilakukan bisa ditulis di laporan TA
- Dilihat penulangan kondisi eksisting bisa dibandingkan dg hasil analisa TA
- 
- 
- 
-

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## 10 - Berita Acara Sidang Proyek Akhir

Dr. Moh. Muntaha, ST., MT.

- Perhitungan biaya ditambah biaya komponen yg lain, tenaga dll
- Dipastikan lagi output Etabs analisa gaya2 yg terjadi
- Daya dukung pondasi raft (tanpa bore pile) dicek selisih tegangan
- Analisa pemilihan pondasi raft dijelaskan.
- Perhitungan penulangan raft dicek ulang
- f

Aan Fauzi, ST., MT.

- Pengolahan data tanah, dijelaskan data lapangan yg tersedia dan analisisnya
- Parameter tanah dari hasil korelasi dijelaskan sumber referensi yg digunakan
- c
- d
- e
- f

### Tindak lanjut :

Mahasiswa memperbaiki/merevisi Proyek Akhir sesuai dengan masukan di atas.

### Penutup :

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

### Lampiran :

Tempelkan screen capture peserta meeting online disini.





***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116  
 Telp. 031-5947537 Fax. 031-5938025  
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : Ilham Pradana Kusuma 2  
 NRP : 1101160013020 2  
 Judul Tugas Akhir : Perencanaan Pondasi Pile Ratt pada Gedung Apartemen Gunungwangra Gresik.  
 Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Indarto, Dra Atif Muir Retani, S.T., M.T.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1	12-2-2020	- Parameter Data Tanah	<i>lu</i>			
		- Coba permedelan pte dengan geo 5 - Diceba hasil l dari lab test bali, dahulu baru dengan korelasi		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	19-2-2020	- Mulai mencoba permedelan, dengan beban kira 2				
3.	26-2-2020	- Presentasi progress R1b - Pelajari input parameter tanah		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	1-3-2020	- Materi plane undraind A, B, dan C		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Permedelan tanah lempung menggunakan undraind B		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	1-4-2020	- Asistensi melalui zoom setiap hari ralu.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	15-4-2020	- Cek Penurunan dan beda penurunan apakah sesuai dengan SM11		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.	20-4-2020	- Pembebanan menggunakan kombinasi 12in dan diambil base reaction		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**FAKULTAS VOKASI**  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116  
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025  
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

**Nama** : 1 Ikhram Pradana Kusuma 2  
**NRP** : 1 101101013020 2  
**Judul Tugas Akhir** : Perencanaan Pondasi Pile Raft pada Gedung Apartemen Sunawangsa Eresik  
**Dosen Pembimbing** : Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA  
 Atiq Nauri Rizani S.T., M.T.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
8.	22-4-2020	- Cek daya dukung berdasarkan bahan				
9	5-5-2020	- SF sebaiknya menggunakan 3				
		- Apakah ada MAT?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Tinggi penurunan tepi tengah		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	13-7-2020	- Metode pelaksanaan menggunakan animasi 3D				
		- Tambahkan alur pekerjaan pembebasan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11.	15-7-2020	- Tambahkan penjelasan pengunaan software geos dan plaxis				
		- Resume hasil perhitungan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## **“PERENCANAAN PONDASI *PILE-RAFT* PADA GEDUNG APARTEMEN GUNAWANGSA GRESIK”**

**Dosen Pembimbing** : Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA.  
**NIP** : 19501011 198203 1 002  
**Dosen Pembimbing** : Afif Navir Refani S.T.,M.T.  
**NIP** : 19840919 201504 1 001  
**Mahasiswa** : Ilham Pradana Kusuma  
**NRP** : 10111610013020  
**Departemen** : Teknik Infrastruktur Sipil FV– ITS

### **Abstrak**

*Kabupaten Gresik merupakan salah satu kota industri terpadat di Jawa Timur yang memiliki luas 1.191,25 km<sup>2</sup> dan memiliki jumlah penduduk 1.313.826 jiwa. Untuk memenuhi kebutuhan hunian penduduknya, hunian vertikal merupakan solusi yang baik dengan mempertimbangkan ketersediaan lahan yang ada. Gedung Apartement Gunawangsa Gresik ini memiliki luas total bangunan ± 42.900 m<sup>2</sup> dan akan dikembangkan menjadi Apartemen Gunawangsa dan Superblock .Lokasi proyek terletak di Jl Veteran, Gending Wetan, Kecamatan Kebomas, Kabupaten Gresik. Proyek ini dibangun oleh kontraktor utama PT. PP (Persero) Tbk yang terdiri dari 4 tower yaitu tower A, B, C, dan D dengan 15 lantai di setiap towernya dan memiliki ketinggian (+50.10 m). Setiap Tower pada Gedung Apartemen Gunawangsa Gresik ini memiliki denah yang sama hanya berbeda pada arah bangunan. Untuk Tugas Akhir Terapan ini, Tower yang ditinjau adalah Tower A.*

*Hasil dari Standart Penetration Test (SPT) diketahui bahwa gedung di bangunan Apartemen Gunawangsa Gresik memiliki kelas situs tanah sedang dan memiliki karakteristik tanah berbeda. Sehingga, untuk mengatasi perbedaan karakteristik tanah tersebut maka alternatif pondasi adalah pondasi pile raft. Pondasi pile raft akan mengatasi penurunan yang akan terjadi. Pondasi pile raft merupakan gabungan antara pondasi pile dan raft. Pondasi pile raft dirancang disesuaikan SNI 8460-2017 dan batas yang diizinkan.*

*Perencanaan akan dilakukan menggunakan bantuan software geo5 untuk mengetahui kapasitas daya dukung satu bored pile dan permodelan pondasi pile raft dengan bantuan software plaxis 2D untuk mengetahui penurunan yang terjadi. Selain itu, perancangan metode pelaksanaan dan analisa biaya material juga ditinjau.*

*Berdasarkan hasil permodelan geo5 didapatkan dimensi bored pile diameter 0.6 m, kedalaman 14 m, dan jarak 1.75 m yang memiliki kapasitas daya dukung sebesar 3828 kN. Hasil permodelan plaxis 2D dengan rencana tebal raft 1.2 m dengan dimensi 41.5 x 14 m terjadi penurunan sebesar 7 cm, dimana sudah sesuai dengan SNI 8460-2017 tentang “persyaratan perancangan geoteknik” yaitu sebesar 15 cm. Metode pelaksanaan dari pekerjaan pondasi pile raft yaitu: 1. Pekerjaan Pembersihan Lahan, 2. Pemasangan Bouwplank, 3. Pengukuran oleh Surveyor, 4. Pekerjaan Pengeboran, 5. Pekerjaan Pembesian Bored Pile, 6. Pekerjaan Pengecoran, 7. Pekerjaan Galian dan Pematangan Bored Pile, 8. Pekerjaan Lantai Kerja, 9. Pekerjaan Bekisting, 10. Pekerjaan Pembesian Raft, Pekerjaan Pengecoran Raft. Durasi pelaksanaan pekerjaan pondasi pile raft yang dibutuhkan adalah selama 21 hari. Anggaran biaya yang dibutuhkan pada pekerjaan pondasi pile raft sebanyak IDR. 3,610,684,682.28*

**Kata kunci : Pondasi pile raft, Geo5, Plaxis 2D**

## **“DESIGN OF PILE RAFT FOUNDATION ON GUNAWANGSA APARTEMENT GRESIK”**

**Supervisor Lecturer : Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA.**  
**NIP : 19501011 198203 1 002**  
**Supervisor Lecturer : Afif Navir Refani S.T.,M.T.**  
**NIP : 19840919 201504 1 001**  
**Mahasiswa : Ilham Pradana Kusuma**  
**NRP : 10111610013020**  
**Departemen : Teknik Infrastruktur Sipil FV– ITS**

### **Abstract**

*Gresik is one of the most populous industrial cities in East Java that has an area of 1,191.25 km<sup>2</sup> and has a population of 1,313,826 inhabitants. To meet the needs of its residents, vertical housing is a good solution considering the availability of existing land. The Gunawangsa Gresik building has a total area of ±42,900 m<sup>2</sup> and will be developed into Gunawangsa and Superblock apartments. The project is located at Jl Veteran, Gending Wetan, Kebomas Sub-district, Gresik Regency. This project was built by the main contractor of PT. PP (Persero) TBK consisting of 4 towers namely Tower A, B, C, and D with 15 floors in each tower and has a height (+ 50.10 m). Each Tower at the Gunawangsa Gresik apartment building has the same floor plan just different in the direction of the building. For this applied final task, the Tower that to be review is Tower A.*



*The result of Standart Penetration Test (SPT) is known that space in the building of Gunawangsa Gresik apartment has a class of medium land site and has different soil characteristics. Therefore, to overcome the differences characteristic of the soil then the foundation alternative is the foundation of pile raft. Pile Raft Foundation will overcome the decline that will occur. Pile Raft Foundation is a combination of pile and raft Foundation. Pile Raft Foundation designed adjustable SNI 8460-2017 and allowed limit.*

*Planning will be done using the help of GEO5 software to find out the capacity of a single bored pile and the foundation of the pile raft software with the help of 2D Plaxis softwares to determine the reduce. In addition, the design of implementation methods and material cost analysis is also reviewed.*

*Based on the results of the GEO5, obtained the bored pile diameter of 0.6 m, depth of 14 m, and a distance of 1.75 m that has a bearing capacity of 3828 kN. Result of 2D Plaxis modelling with thick plan raft 1.2 m with dimensions of 41.5 x 14 m occurs a decrease of 7 cm, where it is in accordance with SNI 8460-2017 about "persyaratan perancangan geoteknik" of 15 cm. Implementation of Pile Raft Foundation work is: 1. Land cleaning work, 2. Installation of Bouwplank, 3. Measurement by Surveyor, 4. Drilling work, 5. Bored Pile Construction work 6. Casting jobs, 7. Excavation work and cutting Bored Pile, 8. Lean Concrete work, 9. Formwork Building, 10. Work on Raft construction and casting Raft. The duration of the work of the foundation pile raft required is 21 days. Budget cost required on the foundation work pile raft as much as IDR. 3,610,684,682.28*

***Keywords: pile raft Foundation, GEO5, Plaxis 2D***

## **KATA PENGANTAR**

Dengan mengucapkan syukur kehadirat Allah SWT, atas rahmat dan hidayah-Nya Tugas Akhir Terapan yang berjudul “Perencanaan Pondasi Pile-Raft Pada Gedung Apartemen Gunawangsa Gresik” dapat tersusun serta terselesaikan dengan baik dan dapat mempresentasikan pada Sidang Tugas Akhir Terapan.

Tugas Akhir Terapan ini merupakan salah satu syarat akademis pada Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tujuan dari penulisan Tugas Akhir Terapan ini agar mahasiswa dapat memahami serta mengetahui langkah kerja dalam permodelan perbaikan dan perkuatan tanah.

Tersusunnya Laporan Tugas Akhir Terapan ini tidak lepas dari bantuan serta bimbingan orang sekitar. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penyusunan Tugas Akhir Terapan ini, yaitu : Allah SWT dan Rasulullah SAW.

1. Ibu, Bapak beserta keluarga penulis yang selalu memberikan motivasi serta doa yang tak pernah putus demi kesuksesan buah hatinya.
2. Bapak Machsus, ST., MT., selaku ketua Departemen Teknik Infrastruktur Sipil FV – ITS.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA. dan Afif Navir Refani S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan masukan dan bimbingan selama proses pembuatan laporan.
4. Prisma Hilmi Rozandika yang selalu mendukung dan memberikan semangat dalam penyelesaian proposal tugas akhir terapan ini.

5. Teman-teman Teknik Infrastruktur Sipil yang selalu mendukung dan memberikan semangat dalam penyelesaian proposal tugas akhir terapan ini.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan proposal tugas akhir terapan ini masih banyak terdapat kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan penulis agar dimasa datang menjadi lebih baik. Penulis juga memohon maaf atas segala kekurangan yang ada dalam proposal tugas akhir terapan ini.

Surabaya, 21 Agustus 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I .....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1    Latar Belakang.....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	3
1.3    Batasan Masalah.....	3
1.4    Tujuan.....	4
1.5    Manfaat.....	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1    Umum.....	5
2.2    Tanah Kerikil.....	5
2.3    Tanah Lempung.....	5
2.4    Pondasi di Atas Tanah Lempung.....	6
2.5    Pondasi Bored Pile .....	6
2.6    Pondasi Rakit.....	8
2.7    Perhitungan Penulangan Pondasi Rakit.....	10

2.8	Pondasi Pile Raft .....	11
2.9	Penurunan .....	14
2.10	Permodelan .....	15
2.10.1	Plaxis 2D .....	15
2.10.2	Geo 5 .....	19
2.11	Korelasi N-SPT terhadap nilai konsistensi suatu tanah	22
2.11.1	Korelasi N-SPT terhadap $\gamma_{\text{sat}}$ .....	23
2.11.2	Korelasi N-SPT terhadap nilai Cu .....	23
2.11.3	Korelasi N-SPT terhadap nilai Poisson's Ratio	23
2.11.4	Korelasi N-SPT terhadap nilai $\alpha$ .....	24
2.11.5	Korelasi N-SPT terhadap nilai Es .....	25
2.12	Perhitungan Biaya Material .....	25
2.13	Perhitungan Durasi Pekerjaan .....	28
<b>BAB III</b>	.....	<b>31</b>
<b>METODOLOGI</b>	.....	<b>31</b>
3.1	Studi Literatur .....	31
3.2	Pengumpulan Data .....	31
3.3	Analisa Pembebanan .....	31
3.4	Analisa Parameter Tanah .....	33
3.5	Permodelan Geo5 untuk mengetahui kapasitas satu bored pile .....	34

3.6	Permodelan Pondasi <i>Pile Raft</i> dengan plaxis 2D	34
3.7	Cek Kontrol .....	34
3.8	Perancangan metode pelaksanaan .....	34
3.9	Perhitungan Rancangan Anggaran Biaya .....	35
3.10	Penggambaran Teknik .....	35
3.11	Kesimpulan dan Saran .....	35
BAB IV .....		39
DATA DAN ANALISA TANAH.....		39
4.1	Data Tanah.....	39
4.2	Analisa Parameter Tanah.....	39
4.2.1	Parameter Tanah Titik <i>Bore Log</i> .....	41
4.3	Data dan Spesifikasi Bahan .....	43
4.3.1	Data Rencana Pondasi Raft .....	43
4.3.2	Data Rencana <i>Bore Pile</i> .....	44
4.4	Data Beban Struktur Atas.....	45
4.5	Analisa Beban Struktur Atas .....	46
BAB V.....		49
5.	HASIL PERMODELAN DANPEMBAHASAN.....	49
5.1	Permodelan Tiang Tunggal menggunakan Geo5	49
5.1.1	Hasil Akhir Permodelan Tiang Tunggal pada	
Geo5	.....	53

5.2	Permodelan Pondasi menggunakan Plaxis2D .	54
5.2.1	Hasil Permodelan Pondasi <i>Raft</i> Pada Program Plaxis 2D .....	57
5.2.2	Hasil Permodelan Pondasi <i>Pile Raft</i> Pada Program Plaxis 2D .....	60
5.2.3	Cek Bede Penurunan pada Pile.....	66
5.2.4	Penulangan pada Pondasi Raft .....	68
5.2.5	Cek Kapasitas Momen Pile .....	72
5.2.6	Perhitungan Geser Pons pada Pelat Pondasi Raft terhadap Kolom .....	75
5.2.7	Perhitungan Geser Pons pada Pelat Pondasi Raft terhadap Bored Pile .....	78
5.2.8	Perbandingan Penulangan dengan Eksisting ...	81
5.3	Perencanaan Metode Pelaksanaan .....	82
5.3.1	Metode Pelaksanaan Tahap Persiapan.....	84
5.3.2	Metode Pelaksanaan Tahap <i>Bored Pile</i> .....	86
5.3.3	Metode Pelaksanaan Tahap <i>Raft</i> .....	90
5.4	Rancangan Anggaran Baya .....	93
5.4.1	Perhitungan Volume Material .....	94
5.4.2	Durasi dan Biaya Pekerjaan Bored Pile.....	97
5.3.4	Durasi dan Biaya Pekerjaan Raft.....	109
5.4.3	Rencana Anggaran Biaya .....	122
BAB VI .....		123
PENUTUP .....		123

6.1	Kesimpulan.....	123
6.2	Saran.....	124
	TINJAUAN PUSTAKA.....	125
	BIODATA PENULIS .....	127
	LAMPIRAN .....	129



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Jenis-jenis pondasi raft.....	10
<b>Gambar 2.2</b> Jenis Interaksi pada Pondasi Tiang-Rakit.....	12
<b>Gambar 2.3</b> Penurunan (a) raft dan (b) pile raft .....	14
<b>Gambar 2.4</b> Permodelan regangan bidang dan axi-simetri. 16	
<b>Gambar 2.5</b> Membuat Interface pada Plaxis 2D.....	16
<b>Gambar 2.6</b> Input material raft dan bored pile pada Plaxis 2D .....	17
<b>Gambar 2.7</b> Memodelkan raft dan bored pile pada Plaxis2D .....	18
<b>Gambar 2.8</b> Memasukkan Beban pada Plaxis2D.....	18
<b>Gambar 2.9</b> Melakukan Calculation pada Plaxis2D .....	18
<b>Gambar 2.10</b> Menu-menu pada Geo5.....	19
<b>Gambar 2.11</b> Memasukkan data tanah pada Geo5 .....	20
<b>Gambar 2.12</b> Beban pada Geo5 .....	20
<b>Gambar 2.13</b> Memasukkan material dan spesifikasi bored pile pada Geo5.....	21
<b>Gambar 2.14</b> Mellihat output pada Geo5 .....	22
<b>Gambar 2.15</b> Korelasi N-SPT terhadap nilai Cu .....	23
<b>Gambar 3.1</b> Analisa Permodelan Pembebanan.....	32
<b>Gambar 3.2</b> Bagan Diagram Flowchart .....	36
<b>Gambar 3.3</b> Bagian Diagram Flowchart .....	37
<b>Gambar 3.4</b> Bagian Diagram Flowchart.....	38
<b>Gambar 4.1</b> Permodelan Pembebanan Struktur Atas menggunakan ETABS.....	46
<b>Gambar 4.2</b> Sketsa pondasi raft .....	47
<b>Gambar 5.1</b> Alur Permodelan Geo5 .....	49
<b>Gambar 5.2</b> Geometri Permodelan Pile pada Geo5.....	50
<b>Gambar 5.3</b> Input Data tanah Lapis 1 pada Geo5.....	50
<b>Gambar 5.4</b> Input Data tanah Lapis 2 pada Geo5.....	51

<b>Gambar 5.5</b> Input Data tanah Lapis 3 pada Geo5 .....	51
<b>Gambar 5.6</b> Input Data tanah Lapis 4 pada Geo5 .....	52
<b>Gambar 5.7</b> Input Data Beban pada Geo5 .....	52
<b>Gambar 5.8</b> Tahap Akhir Permodelan pada Geo5 .....	53
<b>Gambar 5.9</b> Hasil Permodelan Pile pada Geo5.....	53
<b>Gambar 5.10</b> Detail Hasil Permodelan Geo5 .....	54
<b>Gambar 5.11</b> Hasil Permodelan Tulangan Pile dengan Geo5 .....	54
<b>Gambar 5.12</b> Borehole pada Plaxis2D.....	54
<b>Gambar 5.13</b> Permodelan plate pada Plaxis2D .....	56
<b>Gambar 5.14</b> Permodelan embedded beam row pada Plaxis2D .....	56
<b>Gambar 5.15</b> Geometri permodelan Pondasi Pile Raft pada Plaxis2D .....	57
<b>Gambar 5.16</b> Tahap stage construction pada Plaxis2D ....	57
<b>Gambar 5.17</b> Hasil Permodelan Initial Phase pada Plaxis2D .....	58
<b>Gambar 5.18</b> Hasil Permodelan Phase 1 Raft pada Plaxis2D .....	58
<b>Gambar 5.19</b> Hasil Permodelan Phase 2 Raft pada Plaxis2D .....	59
<b>Gambar 5.20</b> Hasil Permodelan Phase 3 Raft pada Plaxis2D .....	59
<b>Gambar 5.21</b> Hasil Permodelan 12 m pada Plaxis2D.....	61
<b>Gambar 5.22</b> Penurunan yang terjadi sisi kiri Pile 12 m ..	62
<b>Gambar 5.23</b> Penurunan yang terjadi sisi kanan Pile 12 m .....	62
<b>Gambar 5.24</b> Hasil Permodelan Initial Phase pada Plaxis2D .....	63
<b>Gambar 5.25</b> Hasil Permodelan Phase 1 pada Plaxis2D ..	64

<b>Gambar 5.26</b>	Hasil Permodelan Phase 2 pada Plaxis2D ..	64
<b>Gambar 5.27</b>	Hasil Permodelan Phase 3 pada Plaxis2D ..	65
<b>Gambar 5.28</b>	Hasil Permodelan Phase 4 pada Plaxis2D ..	65
<b>Gambar 5.29</b>	Denah Pile yang ditinjau .....	66
<b>Gambar 5.30</b>	Penurunan yang terjadi pada Pile A.....	67
<b>Gambar 5.31</b>	Penurunan yang terjadi pada Pile B.....	68
<b>Gambar 5.32</b>	Penurunan yang terjadi pada Pile C.....	68
<b>Gambar 5.33</b>	Hasil Momen Pondasi Raft .....	69
<b>Gambar 5.34</b>	Hasil Momen pada Pile.....	73
<b>Gambar 5.35</b>	Geometri pile pada SPColumn .....	74
<b>Gambar 5.36</b>	Hasil Permodelan Kapistas Pile pada SPColumn.....	74
<b>Gambar 5.37</b>	Hasil Momen Pile pada SPColumn.....	75
<b>Gambar 5.38</b>	Sketsa Kolom yang ditinjau pada Geser Pons .....	75
<b>Gambar 5.39</b>	Luas Bidang Kritis Kolom .....	76
<b>Gambar 5.40</b>	Hasil Output Joint Reaction pada Kolom yang Ditinjau .....	77
<b>Gambar 5.41</b>	Sketsa Pile yang Ditinjau pada Geser Pons	78
<b>Gambar 5.42</b>	Luas Bidang Kritis pada Pile .....	79
<b>Gambar 5.43</b>	Hasil Output dari geo5 .....	80
<b>Gambar 5.44</b>	Diagram Metode Pelaksanaan .....	83
<b>Gambar 5.45</b>	Diagram Metode Pelaksanaan .....	84
<b>Gambar 5.46</b>	Simulasi Pekerjaan Pembersihan .....	85
<b>Gambar 5.47</b>	Simulasi Pemasangan .....	86
<b>Gambar 5.48</b>	Pengukuran oleh Surveyor .....	86
<b>Gambar 5.49</b>	Proses Pengeboran .....	87
<b>Gambar 5.50</b>	Alur Pekerjaan Pengeboran.....	88
<b>Gambar 5.51</b>	Pemasangan Tulangan dengan bantuan Mobil Crane .....	88

<b>Gambar 5.52</b> Pengecoran Ready Mix kedalam Bored Pile .....	89
<b>Gambar 5.53</b> Galian dan Pemotongan Bored Pile .....	90
<b>Gambar 5.54</b> Pembuatan lantai kerja.....	91
<b>Gambar 5.55</b> Pemasangan Bekisting Raft .....	91
<b>Gambar 5.56</b> Pembesian Raft .....	92
<b>Gambar 5.57</b> Tahap Terakhir pengecoran raft.....	93
<b>Gambar 6.1</b> Hasil Permodelan pada Pondasi Pile Raft...	124

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.0.1</b> Jumlah Penduduk di beberapa Wilayah Jawa Timur .....	1
<b>Tabel 2.1</b> Jarak tiang minimum .....	13
<b>Tabel 2.2</b> Korelasi N-SPT terhadap nilai konsistensi tanah .....	22
<b>Tabel 2.3</b> Korelasi N-SPT terhadap $\gamma_{sat}$ .....	23
<b>Tabel 2.4</b> Poisson's Ratio .....	24
<b>Tabel 2.5</b> Adhesion Coefficient.....	24
<b>Tabel 2.6</b> Es .....	25
<b>Tabel 2.7</b> Ukuran Baja Tulangan Beton Polos .....	27
<b>Tabel 2.8</b> Ukuran Baja Tulangan Beton Sirip / Ulir .....	27
<b>Tabel 4.1</b> Parameter Tanah Titik B1 untuk Input Geo5 ....	42
<b>Tabel 4.2</b> Parameter Tanah Titik B1 untuk Input Plaxis2D .....	42
<b>Tabel 4.3</b> Parameter Tanah Titik B6 untuk Input Geo5 ....	43
<b>Tabel 4.4</b> Parameter Tanah Titik B6 untuk Input Plaxis2D .....	43
<b>Tabel 4.5</b> Spesifikasi Pondasi Raft .....	43
<b>Tabel 4.6</b> Spesifikasi bore pile .....	45
<b>Tabel 4.7</b> Output Pembebanan Struktur Atas dari ETABS	46
<b>Tabel 5.1</b> Data input pile Geo5.....	49
<b>Tabel 5.2</b> Perbandingan tulangan bored pile dengan eksisting.....	82
<b>Tabel 5.3</b> Perbandingan tulangan pelat dengan eksisting..	82
<b>Tabel 5.4</b> Waktu siklus pengeboran (Cycle Time).....	97
<b>Tabel 5.5</b> Perhitungan Rencana Anggaran Biaya .....	122

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Indonesia yang memiliki luas wilayah 1,904,569 km<sup>2</sup> dan Jumlah penduduk Indonesia pada tahun 2010 adalah sebanyak 237.641.326 jiwa dan Jawa Timur menempati urutan kedua wilayah terpadat setelah Jawa Barat dengan 37.476.757 jiwa (Statistika, 2018) a. Gresik merupakan salah satu kabupaten industri padat di Jawa Timur dengan memiliki luas 1.191,25 km<sup>2</sup>. Tercatat pada tahun 2016 dihuni 1.270.702 Jiwa dan tercatat pada tahun 2017 dihuni 1.285.018 jiwa. Gresik memiliki Laju pertumbuhan tertinggi kedua setelah Sidoarjo di Jawa Timur. Laju pertumbuhan ini menunjukkan bahwa Gresik merupakan daerah tujuan bagi orang dari berbagai daerah.

**Tabel 1.0.1** Jumlah Penduduk di beberapa Wilayah Jawa Timur

Wilayah	Jumlah Penduduk (Jiwa)		Laju Pertumbuhan per Tahun (%)
	2016	2017	
Mojokerto	1.090.075	1.099.504	0.86
Pamekasan	854.194	863.004	1.03
Surabaya	2.862.406	2.874.699	0.43
Sidoarjo	2.150.482	2.183.682	1.53
Gresik	1.270.702	1.285.018	1.12

(Sumber : [www.jatim.bps.go.id](http://www.jatim.bps.go.id) )



Pertambahan penduduk dan arus migrasi penduduk menuju Gresik salah satu penduduk menuju Gresik salah satu penyebab meningkatnya kebutuhan hunian di Gresik. Hal tersebut adalah jawaban dasar-dasar proyek seperti gunawangsa apartemen ini dibuat. Gunawangsa apartemen direncanakan akan memiliki 15 Lantai. Bangunan ini dapat digolongkan kedalam bangunan gedung tinggi. Oleh karena itu, tanah harus mampu memikul beban dari setiap konstruksi teknik yang diletakan pada tanah tersebut tanpa kegagalan (*share failure*) geser dan dengan penurunan (*settlement*) yang dapat ditolelir (Joseph E. Bowles, 2013).

Proyek gunawangsa apartemen terletak di perbatasan Surabaya. Hasil dari Standart Penetration Test (SPT) diketahui bahwa gedung di bangun di atas kelas situs tanah sedang dan memiliki perbedaan kondisi tanah serta kondisi lapisan tanah tersusun oleh lempung/lanau. Dengan pertimbangan perbedaan karakteristik tanah pada lokasi tersebut, dilakukan alternatif perencanaan pondasi *raft*. Pondasi *raft* akan mengatasi penurunan yang akan terjadi. Bukan menghilangkan kemungkinan terjadinya penurunan. Tetapi, penurunan yang terjadi akan sama di semua bagian gedung dan membatasi penurunan sampai jumlah yang dapat di toleransi. Sedangkan, pondasi tiang adalah suatu konstruksi pada bagian dasar struktur/bangunan (*sub-structure*) yang berbentuk tiang yang ditanam kedalam tanah yang berfungsi meneruskan beban dari bagian atas struktur/bangunan (*upper structure*) ke lapisan tanah di bawahnya tanpa mengakibatkan keruntuhan geser tanah dan penurunan tanah atau pondasi yang berlebihan. Pondasi *raft* dapat dikombinasikan dengan pondasi tiang agar dapat memperbesar kapasitas daya dukung pondasi tersebut.

Oleh karena itu, Penulis melakukan perencanaan pondasi *pile raft* menggunakan bantuan software geo5 untuk

mengetahui kapasitas daya dukung bored pile dan permodelan pondasi *pile raft* dengan bantuan *software* plaxis 2D untuk mengetahui penurunan yang terjadi. Selain itu, akan ditinjau penurunan, biaya, dan metode pelaksanaan. Pada tugas akhir ini analisa rencana anggaran biaya berdasarkan biaya material.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada Tugas Akhir adalah sebagai berikut:

1. Berapa kapasitas daya dukung bored pile dengan Geo 5?
2. Bagaimana memodelkan pondasi *pile raft* gunawangsa apartemen dengan menggunakan program bantu *software* plaxis 2D?
3. Bagaimana keesuaian nilai penurunan dari permodelan pondasi *pile raft* menggunakan *software* Plaxis2D terhadap kontrol penurunan pada SNI 8460:2017?
4. Bagaimana metode pelaksanaan dan durasi pengerjaan pondasi *pile raft* pada apartemen gunawangsa?
5. Bagaimana perhitungan biaya pelaksanaan untuk pondasi *pile raft*?

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada Tugas Akhir adalah sebagai berikut:

1. Pondasi yang direncanakan adalah Pondasi *Pile Raft*
2. Gedung yang ditinjau adalah gedung eksisitng.
3. Kapasitas daya dukung bored pile dengan melakukan permodelan *software* Geo5.
4. Penurunan dan gaya yang terjadi pada pondasi *pile raft* diperoleh dengan melakukan permodelan pada *software* Plaxis 2D.
5. Peraturan pekerjaan mengacu pada SNI 8460:2017 “Persyaratan Perancangan Geoteknik”

6. Perhitungan penulangan didasarkan pada gaya-gaya yang telah dikeluarkan dari Plaxis2D
7. Metode pelaksanaan hanya difokuskan pada pondasi *pile raft* saja, bukan secara keseluruhan.
8. Anggaran biaya yang dihitung hanya biaya material untuk pondasi *pile raft* saja
9. Harga upah pekerja menggunakan harga standar di Surabaya.
10. Perhitungan struktur atas dihitung oleh sdr. Iphon Robi Kurniadi dengan judul tugas akhir “Alternatif Desain Gedung Apartemen Gunawangsa Gresik dengan menggunakan Fluid Viscous Damper”

#### **1.4 Tujuan**

Tujuan dalam pada Tugas Akhir adalah sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui kapasitas daya dukung bored pile dengan Geo 5.
2. Dapat memodelkan pondasi *pile raft* pada Apartemen Gunawangsa Gresik dengan plaxis 2D.
3. Dapat merencanakan pondasi *pile raft* berdasarkan kontrol penurunan pada SNI 8460:2017
4. Dapat mengetahui metode pelaksanaan dan durasi pengerjaan pondasi *pile raft* Gedung Apartemen Gunawangsa Gresik.
5. Dapat mengetahui biaya pelaksanaan pondasi *pile raft* pada Gedung Apartemen Gunawangsa Gresik.

#### **1.5 Manfaat**

1. Menambah wawasan tentang desain struktur bawah pada gedung tinggi.
2. Memberi referensi mengenai rancangan stuktur bawah menggunakan pondasi *pile raft*.
3. Menambah wawasan tentang metode pelaksanaan dan durasi pengerjaan pondasi *pile raft*
4. Menambah wawasan tentang biaya pelaksanaan pondasi *pile raft*.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Semua konstruksi yang direkayasa untuk bertumpu pada tanah harus didukung oleh suatu pondasi. Pondasi ialah bagian dari suatu sistem rekayasa yang meneruskan beban yang ditopang oleh pondasi dan beratnya-sendiri kepada dan ke dalam tanah dan batuan yang terletak di bawahnya. Tegangan-tegangan tanah yang dihasilkan, kecuali pada permukaan tanah. Merupakan tambahan kepada beban-beban yang sudah ada dalam massa tanah dari bobot sendiri bahan dan sejarah geologisnya. Struktur atas merupakan sumber dari beban beban yang di terima pondasi atau struktur bawah.

#### **2.2 Tanah Kerikil**

Menurut Hardiyatmo (Hardiyatmo, 1992) sifat sifat yang dimiliki dari tanah yaitu antara lain material yang baik untuk mendukung bangunan dan jalan, karena mempunyai daya dukung yang tinggi. Semakin besar dan kasar permukaan butiran, semakin besar kuat gesernya.

#### **2.3 Tanah Lempung**

Menurut (Terzaghi, 1987) tanah lempung merupakan tanah dengan ukuran mikrokonis sampai dengan sub mikrokonis yang berasal dari pelapukan unsur- unsur kimiawi penyusun batuan. Tanah lempung sangat keras dalam keadaan kering, dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Permeabilitas lempung sangat rendah, bersifat plastis pada kadar air sedang.

Sedangkan menurut Hardiyatmo (Hardiyatmo,

1992) sifat- sifat yang dimiliki dari tanah lempung yaitu antara lain ukuran butiran halus lebih kecil dari 0,002 mm, permeabilitas rendah, kenaikan air kapiler tinggi, bersifat sangat kohesif, kadar kembang susut yang tinggi dan proses konsolidasi lambat. Dengan adanya pengetahuan mengenai mineral tanah tersebut, pemahaman mengenai perilaku tanah lempung dapat diamati. dalam klasifikasi tanah secara umum partikel tanah lempung memiliki diameter 2  $\mu\text{m}$  atau sekitar 0,002 mm. Namun demikian, di beberapa kasus partikel berukuran antara 0,002 mm sampai 0,005 mm masih digolongkan sebagai partikel lempung (ASTM- D-653).

#### **2.4 Pondasi di Atas Tanah Lempung**

Tanah lempung mempunyai sifat kohesifitas tinggi, dalam keadaan kering bersifat keras, dan jika basah akan bersifat lunak plastis. Mengembang dan menyusut dengan cepat. Oleh karena itu, untuk mengantisipasi hal tersebut dapat di atasi dengan menambahkan tiang pancang/ cerucuk bambu. Karena dapat menjangkau tanah yang lebih keras. Menurut (Bowles 1998) Lempung dapat berkisar dari yang sangat lunak, terkonsolidasi secara normal, sampai ke yang paling kaku. Pada jenis tanah ini perlu untuk membuat suatu perkiraan yang terbaik dari daya dukung yang diijinkan, untuk mengendalikan keruntuhan geser dengan konsolidasi yang mungkin terjadi.

#### **2.5 Pondasi Bored Pile**

Pondasi bored pile adalah salah satu jenis dari berbagai macam bentuk jenis dan pondasi dalam dengan memiliki bentuk seperti tabung yang terdiri dari campuran beton bertulang dengan dimensi diameter tertentu yang dipasang didalam tanah dengan menggunakan metode pengeboran terkini sampai panjang kedalam dengan tingkat kekerasan daya dukung tanah yang diperlukan untuk sesuatu konstruksi bangunan.

Terdapat beberapa keuntungan dalam pemakaian pondasi bored pile yaitu pada proses pelaksanaannya tidak menimbulkan gangguan suara dan getaran yang membahayakan bangunan sekitarnya, pondasi bored pile dapat dipasang menembus batuan, diameter tiang memungkinkan dibuat besar bila perlu ujungbawah tiang dapat dibuat lebih besar guna mempertinggi kapasitas dukungnya. Adapun kelemahan dari pondasi bored pile yaitu pengecoran bored pile dipengaruhi kondisi cuaca, pengecoran beton lebih sulit bila dipengaruhi air tanah karena mutu beton tidak dapat dikontrol dengan baik, mutu beton hasil pengecoran bila tidak terjamin keseragamannya di sepanjang badan bored pile mengurangi kapasitas dukung bore pile terutama bila bored pile cukup dalam, pengeboran dapat mengakibatkan gangguan kepadatan bila tanah berupa pasir atau tanah yang berkerikil, air yang mengalir ke dalam lubang bor dapat mengakibatkan gangguan tanah, sehingga mengurangi kapasitas dukung tiang, akan terjadi tanah runtuh jika tindakan pencegahan tidak dilakukan maka dipasang temporary casing untuk mencegah terjadinya kelongsoran.

Menurut SNI 8640-2017 tentang persyaratan perencanaan geoteknik laporan perancangan fondasi tiang sekurang-kurangnya harus meliputi analisis sebagai berikut:

- a) Pasal 9.4.1 SNI 8640-2017 tentang persyaratan perancangan geoteknik,
- b) Daya dukung tiang fondasi tunggal dan kelompok tiang,
- c) Efek kelompok tiang fondasi,
- d) Pengaruh *negative skin friction*,
- e) Distribusi beban pada masing-masing tiang fondasi,
- f) Pengaruh beban lateral pada kepala tiang fondasi,
- g) Analisis detail kelompok tiang terhadap kombinasi beban

aksial, lateral, dan momen dengan kombinasi statik dan dinamik,

- h) Penurunan total dan beda penurunan,
- i) Penetapan konstanta pegas aksial sistem fondasi rencana,
- j) Analisis kepala tiang (*pile cap*),
- k) Perhitungan balok penghubung (*sloof/tie beam*) dan khususnya kekuatan *tie beam* terhadap beda penurunan,
- l) Pengaruh pengangkatan oleh tekanan hidrostatik atau gaya cabut oleh pengaruh gempa,
- m) Rencana uji pembebanan yang akan dilakukan,
- n) Sambungan tiang fondasi kecuali dengan sistem yang telah melalui serangkaian pengujian,
- o) Kapasitas fondasi yang harus dibuat lebih kuat dari kolom dasar dan atau dinding geser, dan
- p) Langkah-langkah pengaman tiang fondasi pada keadaan “satu kolom satu tiang fondasi” dan “satu kolom dua tiang fondasi”.

## 2.6 Pondasi Rakit

Pondasi adalah suatu konstruksi pada bagian bawah struktur (*substructure*) yang berfungsi meneruskan beban dari bagian atas struktur (*superstructure*) kelapisan tanah di bawahnya dengan tidak mengakibatkan keruntuhan geser tanah dan penurunan tanah saat penurunan yang berlebihan. Untuk itu pondasi bangunan harus diperhitungkan dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri dan beban-beban yang bekerja pada bangunan tersebut.

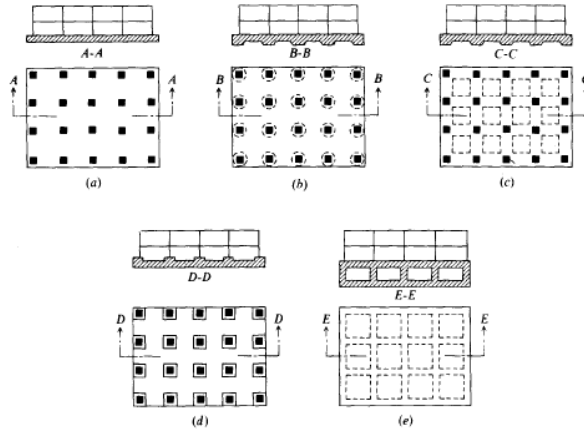
Pondasi *raft* adalah beton yang berbentuk rakit melebar keseluruhan bagian dasar bangunan, yang digunakan untuk meneruskan beban bangunan ke lapisan tanah dasar atau batu-batuan di bawahnya. Sebuah pondasi rakit bisa

digunakan untuk menopang tangki-tangki penyimpanan atau digunakan untuk menopang beberapa bagian peralatan industri. Pondasi rakit biasanya digunakan di bawah kelompok silo, cerobong, dan berbagai konstruksi bangunan. Selain itu, pondasi *raft* memiliki keunggulan untuk mengatasi masalah penurunan. Bukan tidak terjadi penurunan. Namun, penurunan yang terjadi akan sama di semua bagian gedung, dimana plat beton pada pondasi *raft* akan mengimbangi gerakan diferensial antara posisi beban. Penurunan yang tidak sama di bagian-bagian gedung, akan menjadikan bangunan kita retak dan mengalami kegagalan baik secara struktural maupun arsitektural. Hal ini dikarenakan terjadi perbedaan gaya tarik antara sisi gedung yang satu dengan yang lain.

Pondasi *raft* merupakan pondasi gabungan yang sekurang-kurangnya memikul tiga kolom yang tidak terletak pada satu garis lurus. Pada prinsipnya pondasi *raft* adalah bahwa untuk satu bangunan menggunakan satu pondasi telapak untuk menopang seluruh beban kolom yang ada pada bangunan tersebut. Pondasi *raft* dapat dikombinasikan dengan pondasi tiang pancang sehinggal disebut dengan pondasi *pile raft*, dengan memadukan tiang pancang dan pondasi *raft* hal ini bertujuan agar pondasi memiliki kapasitas menahan beban lebih besar dan meminimalisir penurunan yang terjadi. Pondasi rakit terbagi dalam beberapa jenis yang lazim atau sering digunakan (E.Bowles, 1998)

- a. Pelat rata
- b. Pelat yang ditebalkan di bawah kolom
- c. Balok dan pelat
- d. Pelat dengan kaki tiang
- e. Dinding ruangan bawah tanah sebagai bagian pondasi telapak





**Gambar 2.1** Jenis-jenis pondasi raft

## 2.7 Perhitungan Penulangan Pondasi Rakit

Dalam mencari tulangan pada pondasi rakit, perhitungan yang dilakukan sama dengan melakukan perhitungan kebutuhan tulangan pada pelat :

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} \quad (2.1)$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (2.2)$$

$$\rho_{max} = 0.75\rho_b \quad (2.3)$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \cdot f_c'} \quad (2.4)$$

$$R_n = \frac{Mu}{b \times d^2} \quad (2.5)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \quad (2.6)$$

$$As = \rho_{perlu} \times b \times d \quad (2.7)$$

Dimana :

As : Luas tulangan  
per meter luas

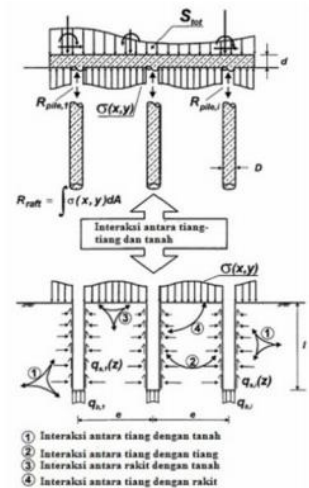
d : diameter  
tulangan

Fy : Mutu baja tulangan

Fc : Mutu beton

## 2.8 Pondasi Pile Raft

Konsep umum pondasi *pile raft* dengan menggunakan tiang yang mereduksi penurunan tanah pertama kali diajukan oleh (Burland, 1977). Apabila pondasi *raft* biasa diberikan gaya merata di atasnya, maka penurunan tanah yang terjadi akibat beban tersebut terlihat seperti “mangkuk”. Hal ini disebabkan penurunan yang terjadi di bagian tengah pondasi *raft* memiliki nilai terbesar, sementara penurunan yang terjadi di bagian pinggir pondasi *raft* memiliki nilai terkecil. Oleh karena itu, tiang berfungsi untuk mereduksi penurunan pondasi raft di bagian tengah. Sedangkan, (Katzenbach, 2000) mendefinisikan pondasi tiang-rakit sebagai jenis pondasi yang bekerja sebagai struktur komposit dengan memanfaatkan tiga elemen penahan beban, yaitu tiang pancang, pondasi rakit, dan jenis tanah di bawah struktur. Oleh karena itu, sebenarnya terdapat empat jenis interaksi yang terjadi dalam struktur pondasi tiangrakit (Gambar 2.2). Keempat interaksi tersebut adalah interaksi antara tiang dengan tanah, interaksi antara tiang dengan tiang di sebelahnya, interaksi antara pondasi rakit dengan tanah, dan interaksi antara tiang dengan pondasi rakit.



**Gambar 2.2** Jenis Interaksi pada Pondasi Tiang-Rakit  
(Sumber: Katzenbach, 2000)

Berdasarkan SNI 8460-2017 pasal 9.4.5 tentang persyaratan perancangan geoteknik menyatakan bahwa Perancangan sistem pondasi yang merupakan gabungan antara pondasi tiang dan pondasi rakit diperkenankan dengan memerhatikan beberapa kondisi sebagai berikut :

- Tiang fondasi yang digunakan bersifat tiang friksi (friction pile).
- Dalam mendesain penulangan fondasi tiang-rakit kondisi terkritik antara kombinasi 75% beban diterima fondasi rakit dan 25% diterima oleh fondasi tiang dan kombinasi 25% beban diterima fondasi rakit dan 75% diterima oleh fondasi tiang.
- Distribusi gaya-gaya yang masuk ke sistem fondasi tiang dan fondasi rakit harus dilakukan dengan metode numerik yang rasional.
- Pada penggunaan tiang fondasi yang tidak berfungsi

sebagai fondasi tiang permanen, maka perencana harus bisa menunjukkan bahwa pada saat tiang tidak dibutuhkan, tiang tersebut harus sudah gagal terlebih dahulu.

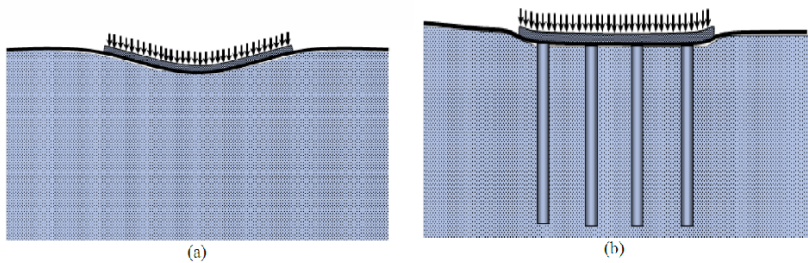
- e) Penurunan bangunan yang menggunakan sistem fondasi tiang-rakit tidak boleh lebih dari 15 cm, kecuali dapat dibuktikan atau ditunjukkan bahwa struktur bangunan mampu mendukung penurunan maksimum yang terjadi dan tidak akan menimbulkan pengaruh pada lingkungan. Besaran ini bisa dilampaui apabila dapat dibuktikan tidak akan terjadi hal-hal negatif pada bangunan tersebut sendiri maupun terhadap lingkungan sekitarnya.

Menurut (Hardiyatmo, 2008) Pada jenis-jenis tanah tertentu, seperti tanah pasir padat, tanah plastis, lanau jenuh dan lain-lainnya, jarak tiang yang terlalu dekat menyebabkan bahaya gerakan tanah secara lateral dan pengembangan tanah. Sedang pada pasir tidak padat, jarak yang terlalu dekat lebih disukai karena pemancangan dapat memadatkan tanah di sekitar tiang. Jarak tiang yang dekat dapat mengurangi pengaruh gesek dinding negatif.

**Tabel 2.1** Jarak tiang minimum

Fungsi Tiang	Jarak as-as tiang minimum
Tiang dukung ujung dalam tanah keras	2,5-3d 2,5d
Tiang dukung ujung pada batuan keras	3-5d
Tiang gesek	

## 2.9 Penurunan



**Gambar 2.3** Penurunan (a) raft dan (b) pile raft  
(Sumber: Randolph, 1994)

Penurunan adalah amblesnya suatu bangunan akibat deformasi lapisan tanah di bawah bangunan. Penurunan terjadi akibat suatu lapisan tanah mengalami pembebanan. Penurunan pondasi harus diperkirakan dengan sangat hati-hati untuk berbagai bangunan, jembatan, dan struktur-struktur penting/biaya mahal yang lainnya. Menurut (E.Bowles, 1998), penurunan (*settlement*) pada tanah yang disebabkan oleh pembebanan dapat dibagi dalam dua kelompok, yaitu :

1. Penurunan Konsolidasi, merupakan hasil dari perubahan volume tanah jenuh air sebagai akibat dari keluarnya air yang menempati pori-pori tanah.
2. Penurunan Segera, merupakan akibat dari deformasi elastis tanah kering, basah, dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air.

SNI 8460-2017 pasal 9 menyatakan bahwa batas nilai penurunan izin  $< 15 \text{ cm} + b/600$  ( $b$  dalam satuan cm) dan beda penurunan sebesar  $1/300 L$ .

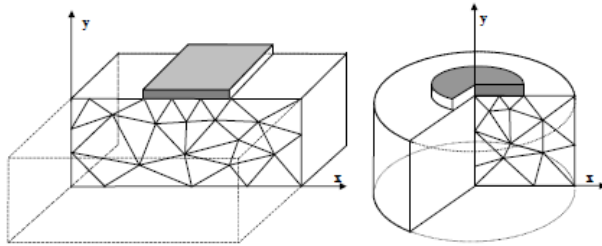
## 2.10 Permodelan

Permodelan adalah proses untuk membuat sebuah model yang di bantu dengan sebuah sistem. Model adalah representasi dari sebuah bentuk nyata, sedangkan sistem adalah saling berhubungan antar elemen yang membangun sebuah kesatuan. Permodelan biasanya dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* tertentu untuk mempermudah pengerjaan. Dalam geoteknik umumnya membutuhkan permodelan struktur tanah untuk kemudian disimulasikan, untuk melakukan simulasi pada pengerjaan tugas akhir ini menggunakan aplikasi *software* plaxis 2D untuk permodelan pondasi *raft* , pondasi *pile raft* dan *geo5* untuk mengetahui daya dukung dari *bored pile*.

### 2.10.1 Plaxis 2D

Plaxis adalah program computer berdasarkan metode elemen hingga dua-dimensi yang digunakan secara khusus untuk melakukan analisis deformasi dan stabilitas dalam bidang geoteknik. Kondisi seeungguhnya dapat dimodelkan dalam regangan bidang maupun secara axi-simetri. Model regangan bidang digunakan untuk model geometri dengan penampang melintang yang kurang lebih seragam dengan kondisi tegangan dan kondisi pembebanan yang cukup panjang dalam arah tegak lurus terhadap penampang. Perpindahan dan regangan dalam arah tegak lurus terhadap penampang diasumsikan tidak terjadi atau bernilai nol. Walaupun demikian, tegangan normal pada arah tegak lurus terhadap penampang diperhitungkan sepenuhnya dalam analisis. Model axi-simetri digunakan untuk struktur berbentuk lingkaran dengan penampang melintang dariial yang kurang lebih seragam dan kondisi

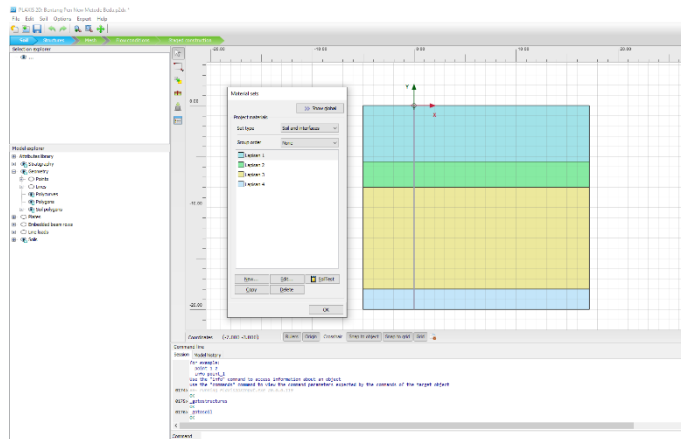
pembebanan mengelilingi sumbu aksial. Dimana deformasi diasumsikan sama di setiap arah radial. (Manual Acuan Plaxis n.d.)



**Gambar 2.4** Permodelan regangan bidang dan axi-simetri  
(Sumber: Brinkgreve, n.d. Plaxis)

Permodellann plaxis 2D menggunakan model plain strain, dengan tahap tahap yang digunakan sebagai berikut :

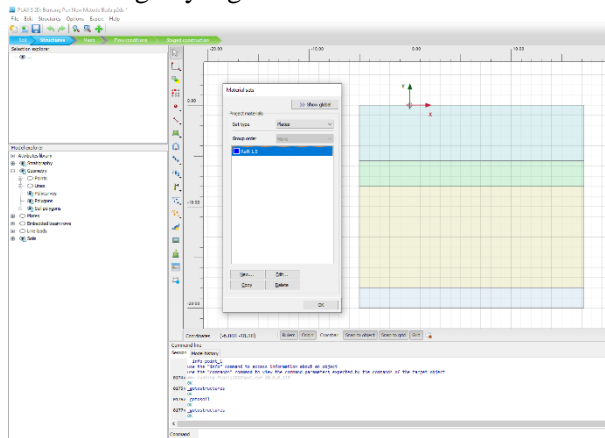
1. Membuat *interface* model tanah yang akan digunakan.



**Gambar 2.5** Membuat Interface pada Plaxis 2D

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

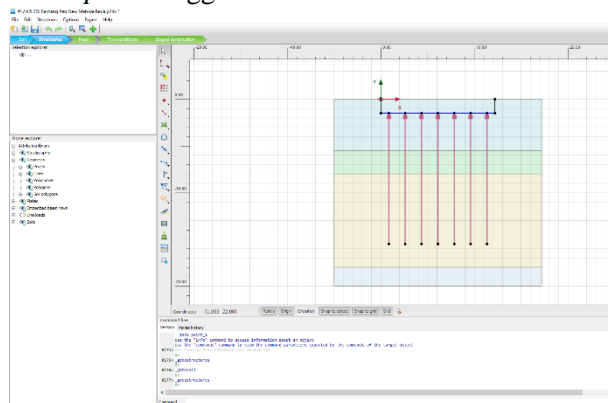
- Memasukkan material Pondasi *Raft* dan *Bored pile* sesuai dengan yang direncanakan



**Gambar 2.6** Input material *raft* dan *bored pile* pada Plaxis 2D

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- Memodelkan Pondasi *pile raft*, Untuk memodelkan pondasi *raft* menggunakan opsi *plate* sedangkan untuk *bored pile* menggunakan *embedded beam row*.

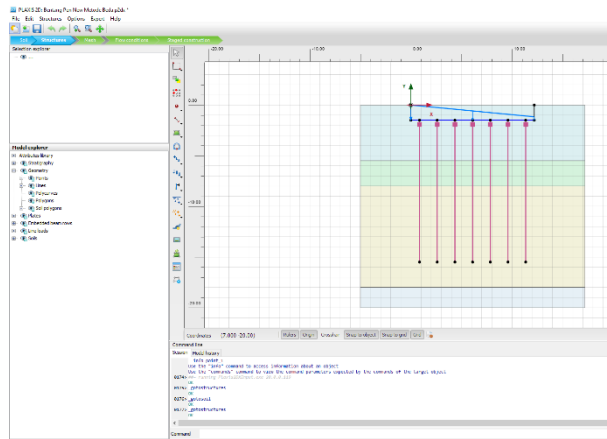




## Gambar 2.7 Memodelkan raft dan bored pile pada Plaxis2D

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

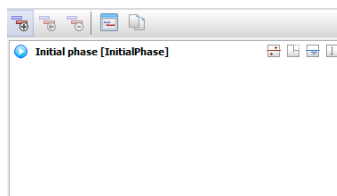
### 4. Memasukkan beban pada model



## Gambar 2.8 Memasukkan Beban pada Plaxis2D

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

### 5. Melakukan calculation



## Gambar 2.9 Melakukan Calculation pada Plaxis2D

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

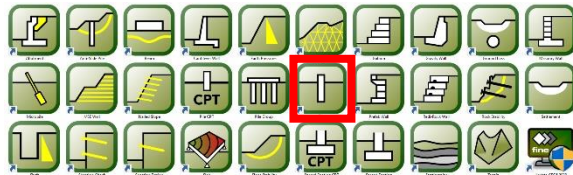
### 6. Melakukan output plaxis dan melihat penurunan

### 2.10.2 Geo 5

Geo 5 merupakan salah satu program aplikasi geoteknik yang cepat digunakan untuk membantu memecahkan permasalahan geoteknik. Geo 5 dikhususkan untuk menghitung dan menganalisis masalah-masalah yang berkaitan dengan pekerjaan tanah, misalnya pekerjaan pemancangan, dinding penahan tanah (*retaining wall*), menganalisis penurunan tanah (*Settlement*), menganalisis stabilitas lereng (*Slope Stability*), dan lain sebagainya. Geo5 dapat menghitung dan menganalisis dalam waktu yang singkat, akan tetapi akurat dan tepat. Geo 5 dapat menghitung dan menganalisis salah satunya daya dukung dari satu bored pile (*pile*).

Berikut tahap tahap yang digunakan permodelan program Geo5 :

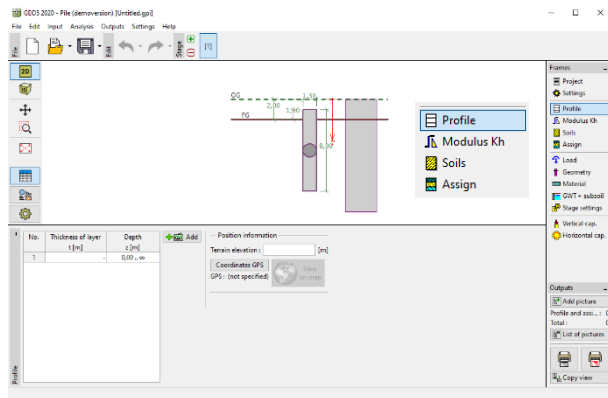
1. Program bantu Geo5 memiliki banyak menu yang dapat memodelkan banyak permasalahan dalam geoteknik. Untuk menghitung kapasitas daya dukung *bored pile* dapat menggunakan menu *pile*.



**Gambar 2.10** Menu-menu pada Geo5

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

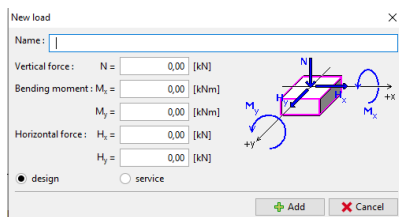
- Setelah memilih menu pile, lalu memasukkan data tanah pada program bantu Geo5



**Gambar 2.11** Memasukkan data tanah pada Geo5

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- Memasukkan beban pada model



**Gambar 2.12** Beban pada Geo5

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

4. Memasukkan detail material dan spesifikasi *bored pile* yang telah direncanakan.

— Basic dimensions

Cross section of pile:

Pile diameter:  $d = 1,30$  [m]

Pile length:  $l = 8,00$  [m]

Material of pile:

— Technology

Technology:

— Location

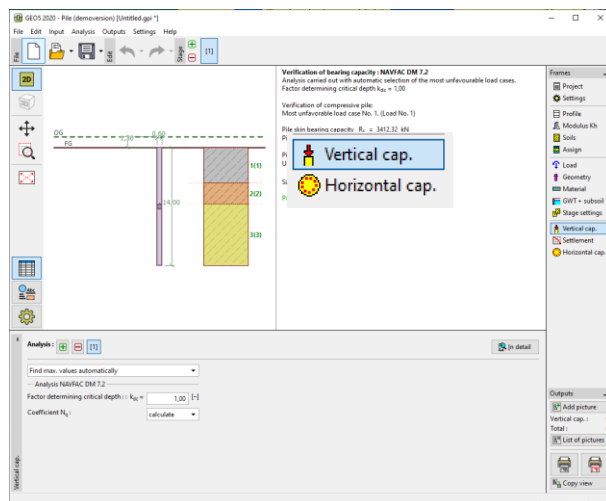
Pile head offset:  $h = 1,00$  [m]

Depth of finished grade:  $h_2 = 2,00$  [m]

**Gambar 2.13** Memasukkan material dan spesifikasi *bored pile* pada Geo5

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

5. Setelah semua data parameter tanah dan spesifikasi *bored pile* dimasukkan, maka kapasitas daya dukung *bored pile* dapat dilihat pada menu *vertical cap*.



**Gambar 2.14** Melihat output pada Geo5

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

**2.11 Korelasi N-SPT terhadap nilai konsistensi suatu tanah**

Korelasi Nilai SPT dilakukan untuk membandingkan data yang diperoleh dari lapangan. Perkiraan nilai-nilai tersebut seperti pada :

**Tabel 2.2** Korelasi N-SPT terhadap nilai konsistensi tanah

(Sumber : Baraja M. Das 1995)

<b>Tanah Tidak Kohesif</b>					
<b>Uraian</b>	<b>0-10</b>	<b>11-30</b>	<b>31-50</b>	<b>&gt;50</b>	
N	0-10	11-30	31-50	>50	
Berat isi, kN/m <sup>3</sup>	12-16	14-18	16-20	18-23	
Sudut geser, $\phi$	25-35	28-36	30-40	>35	
Keadaan	Lepas	Sedang	Padat	Sangat Padat	
<b>Tanah Kohesif</b>					
N	<4	4-6	6-15	16-25	>25
Berat isi, kN/m <sup>3</sup>	14-18	16-18	16-18	16-18	>20
qu, kPa	<25	20-50	30-60	40-200	>100
Konsistensi	Sangat lunak	Lunak	Sedang	Kenyal ( <i>Stiff</i> )	Keras

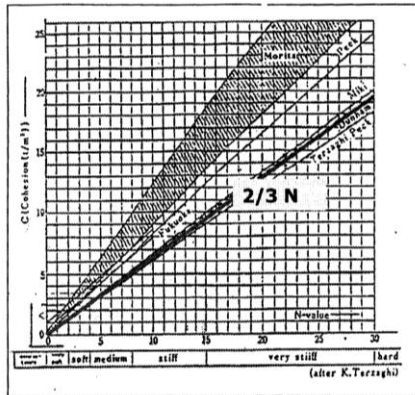
**2.11.1 Korelasi N-SPT terhadap  $\gamma_{sat}$**

**Tabel 2.3** Korelasi N-SPT terhadap  $\gamma_{sat}$

(Sumber : Baraja M. Das 1995)

Consistency	Very Soft	Soft	Medium	Stiff	Very Stiff	Hard
N	0-2	2-4	4-8	8-16	16-32	>32
$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	16-19		17-20		19-22	

**2.11.2 Korelasi N-SPT terhadap nilai  $C_u$**



Gambar 5 . Hubungan Antara N-SPT dengan  $C_u$  (Terzaghi and Peck, 1967).

Dari Gambar grafik hubungan antar nilai N - SPT di atas diperoleh persamaan sederhana yang menunjukkan besaran undrained shear strength, sebagai berikut :

$$C_u = 2/3 * N - \text{SPT correction}$$

**Gambar 2.15** Korelasi N-SPT terhadap nilai  $C_u$

(Sumber : Terzaghi and Peck, 1967 )

**2.11.3 Korelasi N-SPT terhadap nilai Poisson's Ratio**

Poisson Ratio didefinisikan sebagai perbandingan antara regangan lateral dan longitudinal.

Tabel di bawah ini merupakan angka Poisson's Ration untuk beberapa material :

**Tabel 2.4** Poisson's Ratio

(Sumber : *Baraja M. Das 1995*)

Material	Poisson's Ratio
Lempung Jenuh	0.4-0.5
Lempung tak jenuh	0.1-0.3
Lempung berpasir	0.2-0.3
Lanau	0.3-0.35
Pasir padat	0.1-1.00
Biasa dipakai	0.3-0.4
Batuan	0.1-0.4

### 2.11.4 Korelasi N-SPT terhadap nilai $\alpha$

**Tabel 2.5** Adhesion Coefficient

(Sumber : *Manual Geo5*)

Pile Material	Soil Consistency	Adhesion Coefficient
Timber and concrete piles	Very Soft	0,00 - 1,00
	Soft	1,00 - 0,96
	Medium stiff	0,96 - 0,75
	Stiff	0,75 - 0,48
	Very Stiff	0,48 - 0,33
Seel Piles	Very Soft	0,00 - 1,00
	Soft	1,00 - 0,92

	Medium stiff	0,92 - 0,70
	Stiff	0,70 - 0,36
	Very Stiff	0,36 - 0,19

### 2.11.5 Korelasi N-SPT terhadap nilai Es

**Tabel 2.6** Es

(Sumber : *Bowles 1997*)

Soil	Es	
	kg/cm <sup>2</sup>	Mpa
Clay		
Very Soft	3-30	0,3-3
Soft	20-40	2-4
Medium	45-90	4,5-9
Hard	70-200	7-20
Glacial fill	100-1600	10-160
Loess	150-600	15-60
Sand		
Silty	50-200	5-20
Loose	100-250	10-25
Dense	500-1000	50-100
Sand and gravel		
Dense	800-2000	80-200
Loose	500-1400	50-140
Shales	1400-14000	140-1400
Silt	20-200	2-20

### 2.12 Perhitungan Biaya Material

Pekerjaan pondasi mencakup pekerjaan pengeboran, bekisting, pekerjaan pembesian dan pekerjaan pengecoran. Dalam tugas akhir ini, yang dihitung hanya



biaya material saja yaitu material beton dan material tulangan.

### 1. Perhitungan Volume Bore Pile

#### 1. Volume Tulangan Senggang

Diasumsukan senggang berbentuk lingkaran

$$\text{Panjang total tulangan} = 2\pi r(m) \times \frac{\text{panjang tulangan}(m)}{\text{jarak senggang}(m)}$$

$$\text{Total tulangan senggang yang dibutuhkan} = \sqrt{\left(\pi \frac{h}{h_1} D\right)^2 + h^2}$$

#### 2. Volume Tulangan Pokok

$$\begin{aligned} \text{panjang tulangan pokok} &= (\text{panjang tulangan (m)} \times \text{jumlah tulangan} \times \text{jumlah pondasi}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total tulangan yang dibutuhkan} &= \text{panjang tul. pokok} \times \text{berat tul.} \end{aligned}$$

#### 3. Volume Cor

$$\begin{aligned} \text{Volume cor 1 buah} &= (\text{luas alas} \times \text{tinggi pondasi}) \\ &= \pi r^2 \times \text{tinggi pondasi} \end{aligned}$$

$$\text{Volume total} = \text{volume 1 buah} \times \text{jumlah pondasi}$$

### 2. Perhitungan Volume Raft

#### 1. Volume Tulangan Pondasi Rakit

$$\text{Panjang tulangan pokok} = (\text{panjang tulangan (m)} \times \text{jumlah tulangan})$$

$$\text{Total tulangan yang dibutuhkan} = \text{panjang tul. pokok} \times \text{berat tul.}$$

#### 2. Volume Cor

$$\text{Volume total} = \text{panjang (m)} \times \text{lebar (m)} \times \text{tinggi (m)}$$

**Tabel 2.7** Ukuran Baja Tulangan Beton Polos

No	Penamaan	Diameter nominal (d)	Luas Penampang nominal (A)	Berat nominal per meter
		mm	cm <sup>2</sup>	kg/m
1	P.8	8	0,5027	0,395
2	P.10	10	0,7854	0,617
3	P.12	12	1,131	0,888
4	P.14	14	1,539	1,21
5	P.16	16	2,011	1,58
6	P.19	19	2,835	2,23
7	P.22	22	3,801	2,98
8	P.25	25	4,909	3,85

(Sumber : SNI 2052 : 2017)

**Tabel 2.8** Ukuran Baja Tulangan Beton Sirip / Ulir

No	Penamaan	Diameter nominal (d)	Luas Penampang nominal (A)	Berat nominal per meter
		mm	cm <sup>2</sup>	kg/m
1	S.8	8	0,5027	0,395

2	S.10	10	0,7854	0,617
3	S.13	13	1,327	1,04
4	S.16	16	2,011	1,58
5	S.19	19	2,835	2,23
6	S.22	22	3,801	2,98
7	S.25	25	4,909	3,85
8	S.29	29	6,625	5,18

(Sumber : SNI 2052 : 2017)

## 2.13 Perhitungan Durasi Pekerjaan

### Durasi Bored Pile

Durasi = Durasi Persiapan + Durasi Operasional  
Pengecoran + Durasi Pasca Pelaksanaan

### Durasi Galian

$$\text{Durasi} = \frac{\text{Volume galian}}{\text{Produktivitas}}$$

### Durasi Bekisting Batako

$$\text{Durasi} = \frac{\text{Jumlah Total Batako}}{\text{Produktivitas Total}}$$

### Durasi Pembesian Raft

$$\text{Durasi} = \frac{\text{Jumlah Tulangan}}{\text{Produktivitas Total}}$$

### Durasi Pengecoran

Durasi = Durasi Persiapan + Durasi Operasional  
Pengecoran + Durasi Pasca Pelaksanaan

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB III**

### **METODOLOGI**

#### **3.1 Studi Literatur**

Studi literature adalah mencari refrensi teori yang relefan dengan kasus atau permasalahan yang ditemukan Refrensi tersebut berisikan tentang :

1. Cara permodelan *software* plaxis 2D
2. Cara permodelan *software* *geo 5*
3. Korelasi data tanah yang dibutuhkan
4. Menghitung Biaya Material
5. Menghitung Durasi Pekerjaan

Refrensi tersebut dapat dicari dari buku,jurnal, artikel, ataupun internet. Denga adanya refrensi adalah sebagai dasar teori dalam menyelesaikan tugas akhir dan juga menjadi dasar untuk melakukan perencanaan pondasi *pile raft* gunawangsa apartemen.

#### **3.2 Pengumpulan Data**

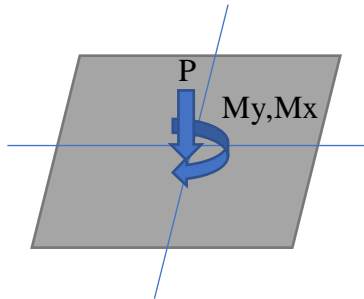
Dalam perancangan memerlukan analisis yang teliti, dimulai dengan mengumpulkan data-data yang diperlukan, Data-data yang diperlukan merupakan data sekunder diantaranya adalah data hasil penyelidikan tanah di lapangan dan data beban struktur atas yang akan diterima pondasi.

#### **3.3 Analisa Pembebanan**

Analisa pembebanan dilakukan agar permodelan yang dilakukan semakin mendekati kondisi eksisting bangunan. Beban yang diterima pondasi *pile raft* merupakan beban yang salurkan oleh elemen struktur kolom. Permodelan pondasi *pile raft* dan pembebanannya menggunakan plaxis 2D. Sehingga, permodelan dilakukan

pada daerah yang kritis atau pas dengan garis netral dari pondasi *pile raft*. Pembebanan pada plaxis 2D dengan rumus sebagai berikut :

$$\sigma \text{ (maks, min)} = \frac{P}{A} \pm \frac{Mx}{Ix} \pm \frac{My}{Iy} \dots\dots\dots 3.1$$



**Gambar 3.1** Analisa Permodelan Pembebanan

Beban – beban yang di gunakan adalah :

### Beban Mati

Nama bahan bangunan dan komponen gedung	Berat sendiri
Bahan bangunan	
Beton Bertulang	23.6 kN/m <sup>3</sup>
Keramik dan Spesi	1.1 kN/m <sup>3</sup>
Kelistrikan	0.19 kN/m <sup>3</sup>
Waterproofing	0.05 kN/m <sup>3</sup>
Plafond + penggantung	0.063743 kN/ m <sup>3</sup>
Bata Ringan + Acian	1.318014 kN/m <sup>3</sup>

### Beban Hidup

Keterangan	Merata psf kN/ m <sup>2</sup>
Apartemen	
Bordes dan Tangga	23.6 kN/m <sup>3</sup>
Atap Datar	1.1 kN/m <sup>3</sup>
Koridor	0.19 kN/m <sup>3</sup>

### Beban Gempa

SNI 1726 2012

Kombinasi pembebanan yang digunakan adalah SNI 1727-2013 yaitu :

- D
- D + L
- D + 0,7E
- D + ,75L + 0,7E
- 0,6 D + 0,7 E

### 3.4 Analisa Parameter Tanah

Data tanah yang diperoleh dari Proyek Gunawangsan Apartemen Gresik terdapat data N-SPT dan hasil tes tanah Menganalisa beberapa parameter yang belum ada dari data N-SPT dicari menggunakan korelasi. Data tersebut digunakan untuk *input* pada *aplikasi* Geo5 dan Plaxis.



### **3.5 Permodelan Geo5 untuk mengetahui kapasitas satu bored pile**

Analisa parameter tanah yang di dapatkan digunakan untuk mencari kapasitas daya dukung bored pile dengan menggunakan *software geo5*.

### **3.6 Permodelan Pondasi *Pile Raft* dengan plaxis 2D**

Setelah melakukan perancangan pondasi pile raft maka dilakukan permodelan dari pondasi pile raft terhadap beban yang bekerja pada pondasi. Setelah dinyatakan bahwa pondasi mampu menerima beban dari struktur atas maka dilakukan control penurunan yang terjadi pada pondasi yang dirancang agar tidak terjadi kegagalan pondasi. Sementara untuk mengetahui daya dukung dan penurunan yang terjadi pada pondasi menggunakan progam bantu plaxis 2D.

### **3.7 Cek Kontrol**

Cek Kontrol dilakukan agar dapat diketahui apakah sudah sesuai dengan syarat. Menurut SNI 8460-2017 Besarnya penurunan total dan beda penurunan yang diizinkan ditentukan berdasarkan toleransi struktur atas dan bangunan sekitar yang harus ditinjau berdasarkan masing-masing kasus tersendiri dengan mengacu pada integritas, stabilitas dan fungsi dari struktur di atasnya. batas penurunan izin  $< 15 \text{ cm} + b/600$  (b dalam satuan cm) dan beda penurunan masih memenuhi kriteria kekuatan dan kemampuan lebih dari  $1/300 L$ . Momen yang terjadi pada pile harus lebih besar dari kapasitas momen satu pile. Jika tidak memenuhi maka dilakukan modifikasi.

### **3.8 Perancangan metode pelaksanaan**

Metode pelaksanaan pekerjaan menjelaskan mengenai tahapan yang dilalui dalam pelaksanaan pekerjaan

yang akan dilakukan untuk melakukan proses pembangunan serta durasi dalam pelaksanaannya. Proses pembangunan dikelompokkan menurut jenis pekerjaan dan urutan pelaksanaan karena saling berkaitan satu sama lain.

### **3.9 Perhitungan Rancangan Anggaran Biaya**

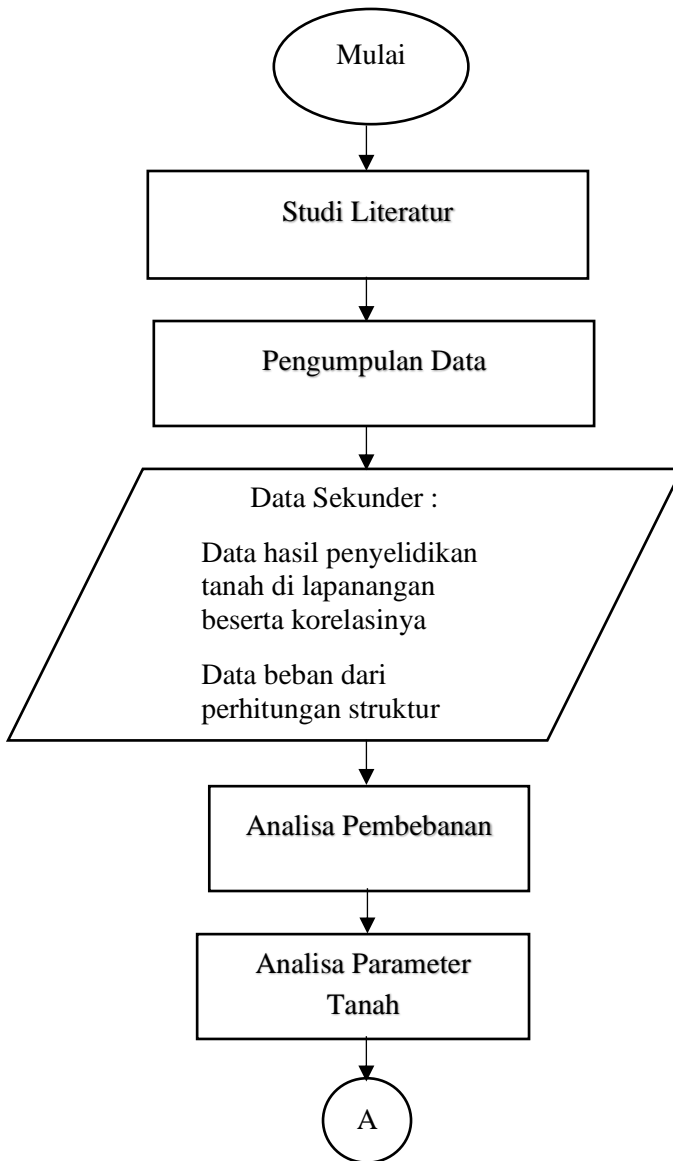
Perhitungan biaya material mentaksir perkiraan biaya yang harus dikeluarkan dalam sebuah pembangunan. Dalam perhitungan biaya RAB yang ditinjau hanya biaya RAB pondasi *pile raft*.

### **3.10 Penggambaran Teknik**

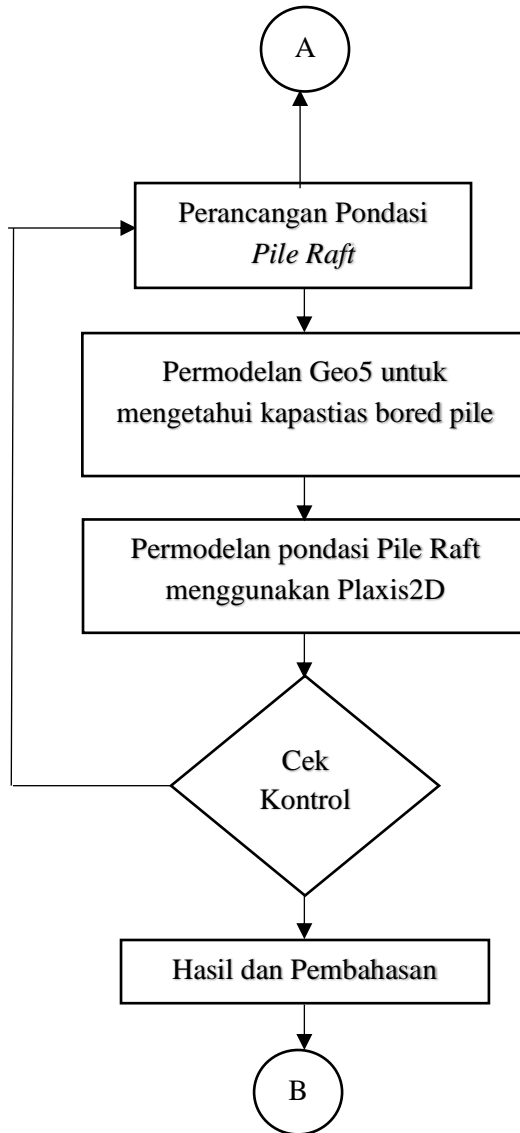
Gambar Teknik digunakan untuk memvisualisasikan hasil perancangan, selain itu gambar teknik menjadi media penyampaian informasi hasil rancangan. Agar lebih mudah dipahami oleh pembaca. Penggambaran teknik dalam tugas akhir ini adalah penggambaran detail desain pondasi *pile raft*.

### **3.11 Kesimpulan dan Saran**

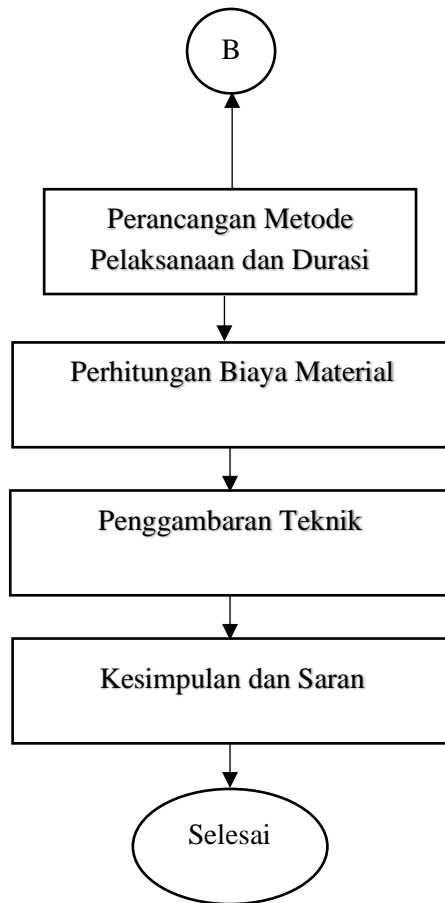
Dengan perencanaan dan permodelan yang telah dilakukan, maka akan dilakukan kontrol penurunan pondasi tersebut sehingga berupa suatu hasil analisa dan pembahasan. Setelah itu akan ditarik kesimpulan yang bisa mejadi rekomendasi teknik yang berhubungan dengan perencanaan pondasi *pile raft*.



**Gambar 3.2** Bagan Diagram Flowchart



**Gambar 3.3** Bagian Diagram Flowchart



Gambar 3.4 Bagian Diagram Flowchart

## BAB IV

### DATA DAN ANALISA TANAH

#### 4.1 Data Tanah

Data tanah yang digunakan dalam Tugas Akhir Terapan ini adalah data SPT dari tower A proyek pembangunan gedung Apartemen Gunawangsa, Gresik. Data SPT yang tersedia pada tower A berjumlah dua titik data pengoboran yaitu DB 1 dan DB 6 (tersedia dalam lampiran).

#### 4.2 Analisa Parameter Tanah

Analisa parameter tanah dilakukan untuk mendapatkan data parameter tanah yang tidak terdapat pada data tanah yang ada. Analisa parameter tanah dilakukan dengan menggunakan data tanah yang ada dan dilakukan korelasi dengan data para ahli.



**Gambar 4.1** Denah Titik Bored Pile

Pada data proyek yang di dapatkan ada beberapa hasil lab yang tersedia seperti : Index properties, Grain Size Test, Strength Test, Moduli, dan Consolidation Test. Dikarenakan pada data lab hanya pada sampai kedalaman – 5m. Maka dilakukan korelasi data tanah yang sudah

didapatkan. Dalam proyek akhir ini, titik yang digunakan titik bore log B6. Pada titik bore log B6 konsistensi tanah lebih jelek dari pada titik bore log B1. Sehingga, data tanah yang digunakan adalah titik bore log B6. Berikut penjabaran korelasi yang dilakukan pada titik tanah yang ditinjau yaitu DB-06 :

**Korelasi NSPT terhadap gamma menggunakan parameter Tabel 2.2 :**

Kedalaman (-5.5)-(-8) : 18.1 kN/m<sup>3</sup>

Kedalaman (-8)-(-18) : 17.8 kN/m<sup>3</sup>

Kedalaman (-18)-(-20) : 20 kN/m<sup>3</sup>

**Korelasi NSPT terhadap gamma sat menggunakan parameter Tabel 2.3 :**

Kedalaman (-5.5)-(-8) : 20.1 kN/m<sup>3</sup>

Kedalaman (-8)-(-18) : 19.3 kN/m<sup>3</sup>

Kedalaman (-18)-(-20) : 21.2 kN/m<sup>3</sup>

**Korelasi NSPT terhadap Poisson Ratio menggunakan parameter Tabel 2.4 :**

Kedalaman (-0)-(-5.5) : 0.3

Kedalaman (-5.5)-(-8) : 0.3

Kedalaman (-8)-(-18) : 0.3

Kedalaman (-18)-(-20) : 0.3

**Korelasi NSPT terhadap Adhesion Factor menggunakan parameter Tabel 2.5:**

Diambil nilai 0.75 karena konsistensi tanah medium stiff.

Kedalaman (-0)-(-5.5) : 0.75

Kedalaman (-5.5)-(-8) : 0.75

Kedalaman (-8)-(-18) : 0.75

Kedalaman (-18)-(-20) : 0.75

**Korelasi NSPT terhadap Es menggunakan parameter Tabel 2.6 :**

Kedalaman (-0)-(-5.5) : 7 Mpa

Kedalaman (-5.5)-(-8) : 17 Mpa

Kedalaman (-8)-(-18) : 13 Mpa

Kedalaman (-18)-(-20) : 18 Mpa

**Korelasi NSPT terhadap Cu menggunakan parameter Gambar 2.15 :**

Kedalaman (-5.5)-(-8) : 275 kPa

Kedalaman (-8)-(-18) : 163 kPa

Kedalaman (-18)-(-20) : 327 kPa

**4.2.1 Parameter Tanah Titik *Bore Log***

Pada Proyek Pembangunan Apartemen Gunawangsa Gresik, terdapat dua titik bore log yang memiliki kedalaman 20 m, yaitu adalah titik B1 dan B6. Nilai SPT pada data *bore log* tersebut akan



dikorelasikan dengan table korelasi parameter tanah pada sub-bab 2.11.

Nilai korelasi parameter tanah tersebut digunakan untuk input ke dalam program Geo5 dan Plaxis 2D. Hasil analisa parameter tanah B1 dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2. Hasil Analisa parameter tanah B6 dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4

**Tabel 4.1** Parameter Tanah Titik B1 untuk Input Geo5

Depth (m)	Jenis Tanah	N- SPT	g (kN/m <sup>3</sup> )	gsat (kN/m <sup>3</sup> )	Edef (Mpa)	v	Cu (kPa)	β (°)	α
-0-(-4)	Batu Kapur, Coklat Kekuningan	41	19,1	20,5	80	0,2	14,71	0	1
-4-(-15)	Lanau berlempung, abu abu terang	26	18,4	19,2	13	0,3	58,8	0	0,75
-15-(-18)	Lempung berlanau, keras	50	20	21,2	18	0,3	326,89	0	0,75
-18-(-20)	Lempung berlanau, amat teguh	27	18,5	19,6	13	0,3	176,52	0	0,75

**Tabel 4.2** Parameter Tanah Titik B1 untuk Input Plaxis2D

Jenis Tanah	N- SPT	g (kN/m <sup>3</sup> )	gsat (kN/m <sup>3</sup> )	Kx (m/day)	Ky (m/day)	v	Cu (kN/m <sup>3</sup> )	Φ (phi)	ψ (psi)	Edef (Mpa)
Batu Kapur, Coklat Kekuningan	41	19,1	20,5	1	1	0,2	14,71	37	0	66667
Lanau berlempung, abu abu terang	26	18,4	19,2	0,0001	0,0001	0,3	58,8	23	0	10833
Lempung berlanau, keras	50	20	21,2	0,0001	0,0001	0,3	326,9	41	0	15000
Lempung berlanau, amat teguh	27	18,5	19,6	0,0001	0,0001	0,3	176,5	32	0	10833

**Tabel 4.3** Parameter Tanah Titik B6 untuk Input Geo5

Depth (m)	Jenis Tanah	N- SPT	g (kN/m <sup>3</sup> )	gsat (kN/m <sup>3</sup> )	Edef (Mpa)	v	Cu (kPa)	β (°)	α
-0-(- 5.5)	Lempung berlanau, abu abu terang	16	17,4	18,9	7	0,3	127,48	0	0,75
-5.5-(- 8)	Lempung berlanau, abu abu	42	18,1	20,1	17	0,3	274,59	0	0,75
-8-(- 18)	Lempung berlanau, keras	25	17,8	19,3	13	0,3	163,44	0	0,75
-18-(- 20)	Lempung berlanau, amat teguh	50	20	21,2	18	0,3	326,89	0	0,75

**Tabel 4.4** Parameter Tanah Titik B6 untuk Input Plaxis2D

Jenis Tanah	N- SPT	g (kN/m <sup>3</sup> )	gsat (kN/m <sup>3</sup> )	K <sub>x</sub> (m/day)	K <sub>y</sub> (m/day)	v	Cu (kN/m <sup>3</sup> )	Φ (phi)	ψ (psi)	Edef (Mpa)
Lanau berlempung, abu abu terang	16	17,4	18,9	0,0001	0,0001	0,3	104,6	24	0	5833,333
Lanau berlempung, abu abu terang	42	18,1	20,1	0,0001	0,0001	0,3	274,6	17	0	14166,67
Lempung berlanau, keras	25	17.8	19,3	0,0001	0,0001	0,3	163,4	28	0	10833,33
Lempung berlanau, amat teguh	50	20	21,2	0,0001	0,0001	0,3	326,9	41	0	15000

### 4.3 Data dan Spesifikasi Bahan

#### 4.3.1 Data Rencana Pondasi Raft

Pondasi raft di rancang memiliki dimensi sebesar 41.5 x 14 m. Pondasi raft direncanakan menggunakan bahan beton bertulang  $f_c'$  40 Mpa dengan spesifikasi sebagai berikut :

**Tabel 4.5** Spesifikasi Pondasi Raft

Spesifikasi Pondasi Raft		
Panjang	=	14 m
Lebar	=	41.5 m
Tebal	=	1,2 m

<b>Spek Material</b>			
<b>Raft</b>			
Beton Bertulang			
$\gamma$ beton bertulang	=	24	kN/m <sup>3</sup>
$f_c'$	=	40	Mpa
Baja Tulangan			
$f_y$	=	410	Mpa
$f_u$	=	550	Mpa
E	=	29725410,01	kN/m <sup>2</sup>
A	=	16.8	m <sup>2</sup>
I	=	2.02	m <sup>4</sup>
EA	=	499386888.1	kN m <sup>2</sup>
EI	=	59926426.57	kN
w	=	403.2	kN/m
	=	28.8	kN/m per m

#### 4.3.2 Data Rencana Bore Pile

Bore Pile dipilih karena dalam pembangunan dapat dilakukan dengan lebih cepat. Adapun spesifikasi dari bore pile sebagai berikut :

- Diameter tiang : 0.6 m
- Jarak antar tiang : 1.75 m
- Kedalaman tiang : 14 m (dari elevasi bawah raft)

Sebagai data input aplikasi geo5 dan plaxis, maka didapat spesifikasi bore pile pada tabel dibawah :

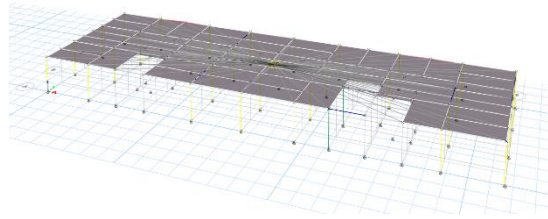
**Tabel 4.6** Spesifikasi bore pile

Spesifikasi Bore Pile			
Beton Bertulang			
$\gamma$ beton bertulang	=	24	kN/m <sup>3</sup>
$f_c'$	=	40	Mpa
Baja Tulangan		BJ55	
Diameter	=	0,6	m
Kedalaman Bore Pile	=	14	m
Jarak Antar Bore Pile	=	1,75	m
$f_y$	=	410	Mpa
$f_u$	=	550	Mpa
E	=	29725410,01	kN/m <sup>2</sup>
A	=	0,282743339	m <sup>2</sup>
I	=	0,0063617	m <sup>4</sup>
EA	=	8404661,7	kN m <sup>2</sup>
EI	=	189104,8876	kN

#### 4.4 Data Beban Struktur Atas

Beban untuk pondasi didapatkan dari beban struktur atas yang telah dianalisa menggunakan aplikasi software ETABS. Struktur atas dianalisa menggunakan peraturan pembebanan dan gempa. Hasil output beban dari struktur atas melalui permodelan dengan software ETABS didapatkan data beban gaya aksial (P), momen arah x ( $M_x$ ), momen arah y ( $M_y$ ), gaya horizontal arah x ( $H_x$ ), dan gaya Horizontal arah y ( $H_y$ ) pada setiap kolom lalu dilakukan tahapan link support pada titik tengah bangunan sehingga menghasilkan nilai-nilai gaya pada titik berat bangunan. Untuk Melakukan Pembebanan pada program plaxis 2D, output beban dari ETABS harus diolah dengan sehingga menjadi tegangan pada bentang pendek dan tegangan pada

bentang panjang, Adapun hasil gaya dari beban struktur atas sebagai berikut :



**Gambar 4.2** Permodelan Pembebanan Struktur Atas menggunakan ETABS

**Tabel 4.7** Output Pembebanan Struktur Atas dari ETABS

No	P kN	Mx kN.m	My kN.m	Hx kN	Hy kN
1	66214,79	396929	1257425	1225,483	184,0911

#### 4.5 Analisa Beban Struktur Atas

Untuk Melakukan Pembebanan pada program plaxis 2D, output beban dari ETABS harus dianalisa menggunakan rumus yang tercantum pada bab 3.3 mengenai analisa pembebanan sehingga beban tersebut akan menjadi beban tegangan yang nantinya akan menghasilkan dua tegangan yaitu tegangan maximum dan tegangan minimum. Adapun tahapan Pengelolaan dan hasil analisa beban struktur atas sebagai berikut :

$$P = 66214,79$$

$$M_x = 396929$$

$$\sigma (\text{maks,min}) = \frac{M_y}{I_y}$$

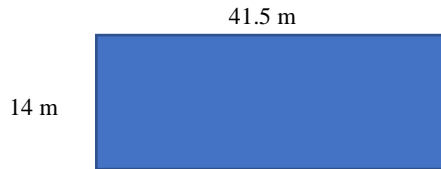
$$\pm$$

$$\pm$$

$$= \frac{P}{A} + \frac{Mx}{I_x} + \frac{My}{I_y} \quad 1257425$$

Untuk menjadi tegangan, maka dari itu digunakan rumus :

Spesifikasi pondasi raft = 41.5 x 14



**Gambar 4.3** Sketsa pondasi raft

$$A = 574 \text{ m}^2$$

$$I_x = \frac{bh^3}{12} = \frac{41.5 \times 14^3}{12} = 9489.67 \text{ m}^3$$

$$I_y = \frac{b^3h}{12} = \frac{41.5^3 \times 14}{12} = 83385.6 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \sigma \text{ (maks)} &= \frac{P}{A} + \frac{Mx}{I_x} + \frac{My}{I_y} \\ &= \frac{66214.79}{581} + \frac{396929}{9489.67} + \frac{1257425}{83385.6} \\ &= 170.87 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma \text{ (min)} &= \frac{P}{A} - \frac{Mx}{I_x} - \frac{My}{I_y} \\ &= \frac{66214.79}{581} - \frac{396929}{9489.67} - \frac{1257425}{83385.6} \\ &= 57,06 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Inclinasi} &= \sigma (\text{maks}) - \sigma (\text{min}) \\ &= 113.814 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Jadi, beban yang akan diinputkan dalam plaxis sebesar 170.87 kN/m<sup>2</sup> dan 57.06 kN/m<sup>2</sup>

## BAB V

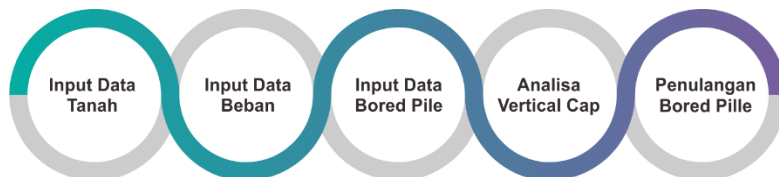
### HASIL PERMODELAN DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Permodelan Tiang Tunggal menggunakan Geo5

Permodelan tiang tunggal dilakukan untuk mengetahui kapasitas dukung dari satu tiang tunggal. Permodelan ini dilakukan menggunakan program bantu software GEO5 dengan menggunakan *option pile*. Data bor log yang dimodelkan adalah data bor log B6, data yang diinputkan pada geo 5 sesuai dengan korelasi pada tabel 4.3 dan spesifikasi bahan yang diinputkan sesuai tabel 4.7. setelah memasukan input data tanah maka, langkah selanjutnya adalah memasukan nilai beban yang akan diterima oleh pile, setelah itu menginputkan spesifikasi borepile sesuai dengan tabel 4.7 dan selanjutnya dilakukan analisa. berikut gambaran dari tahap-tahap permodelan bore pile dengan geo 5.

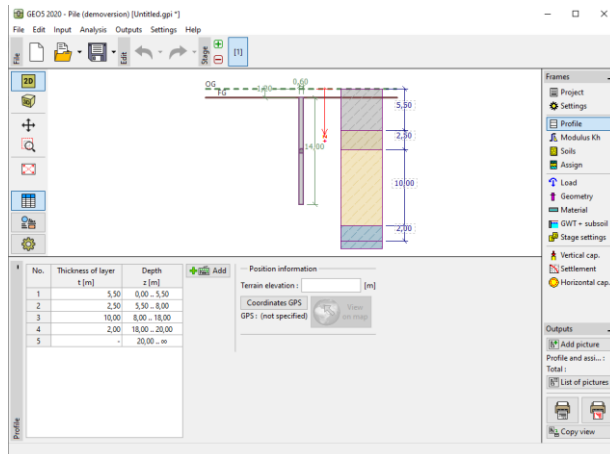
**Tabel 5.1** Data input pile Geo5

No	P kN	Mx kN.m	My kN.m	Hx kN	Hy kN
1	411,272	2465,39	7810,09	7,61169	1,14342




**Gambar 5.1** Alur Permodelan Geo5






**Gambar 5.2** Geometri Permodelan Pile pada Geo5

<b>Lapis 1</b>	
Unit weight :	$\gamma = 17,40 \text{ kN/m}^3$
Poisson's ratio :	$\nu = 0,30$
Deformation modulus :	$E_{\text{def}} = 7,00 \text{ MPa}$
Saturated unit weight :	$\gamma_{\text{sat}} = 18,90 \text{ kN/m}^3$
Angle of dispersion :	$\beta = 0,00^\circ$
Cohesion of soil :	$c_u = 127,00 \text{ kPa}$
Adhesion factor :	$\alpha = 0,75$
Coefficient of lateral stress :	$K = 1,00$




**Gambar 5.3** Input Data tanah Lapis 1 pada Geo5

<b>Lapis 2</b>		
Unit weight :	$\gamma$	= 18,10 kN/m <sup>3</sup>
Poisson's ratio :	$\nu$	= 0,30
Deformation modulus :	$E_{def}$	= 17,00 MPa
Saturated unit weight :	$\gamma_{sat}$	= 20,10 kN/m <sup>3</sup>
Angle of dispersion :	$\beta$	= 0,00 °
Cohesion of soil :	$c_u$	= 275,00 kPa
Adhesion factor :	$\alpha$	= 0,75
Coefficient of lateral stress :	$K$	= 1,00



**Gambar 5.4** Input Data tanah Lapis 2 pada Geo5

<b>Lapis 3</b>		
Unit weight :	$\gamma$	= 17,80 kN/m <sup>3</sup>
Poisson's ratio :	$\nu$	= 0,30
Deformation modulus :	$E_{def}$	= 13,00 MPa
Saturated unit weight :	$\gamma_{sat}$	= 19,30 kN/m <sup>3</sup>
Angle of dispersion :	$\beta$	= 0,00 °
Cohesion of soil :	$c_u$	= 163,40 kPa
Adhesion factor :	$\alpha$	= 0,75
Coefficient of lateral stress :	$K$	= 1,00



**Gambar 5.5** Input Data tanah Lapis 3 pada Geo5

Lapis 4	
Unit weight :	$\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
Poisson's ratio :	$\nu = 0,30$
Deformation modulus :	$E_{\text{def}} = 18,00 \text{ MPa}$
Saturated unit weight :	$\gamma_{\text{sat}} = 21,20 \text{ kN/m}^3$
Angle of dispersion :	$\beta = 0,00^\circ$
Cohesion of soil :	$c_u = 326,90 \text{ kPa}$
Adhesion factor :	$\alpha = 0,75$
Coefficient of lateral stress :	$K = 1,00$

**Gambar 5.6** Input Data tanah Lapis 4 pada Geo5

New load ×

Name:

Vertical force:  $N =$   [kN]

Bending moment:  $M_x =$   [kNm]

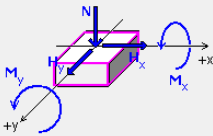
$M_y =$   [kNm]

Horizontal force:  $H_x =$   [kN]

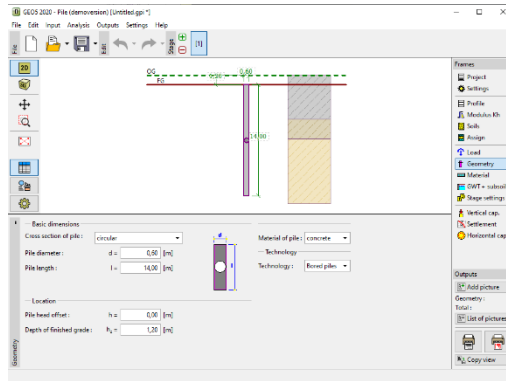
$H_y =$   [kN]

design     service



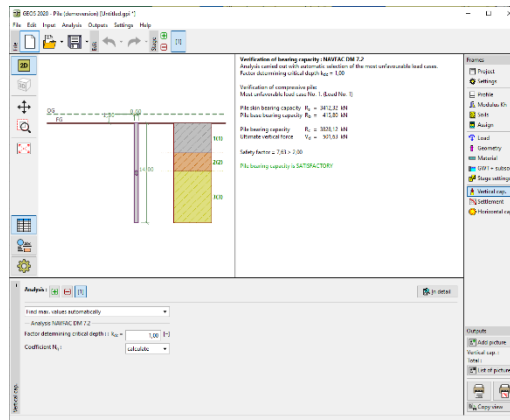
**Gambar 5.7** Input Data Beban pada Geo5



**Gambar 5.8** Tahap Akhir Permodelan pada Geo5

### 5.1.1 Hasil Akhir Permodelan Tiang Tunggal pada Geo5

Setelah data diinputkan melakukan analisa sehingga muncul hasil berupa kapasitas dari pile dan angka keaman dari pile. Hasil analisa dan penulangan sebagai berikut :



**Gambar 5.9** Hasil Permodelan Pile pada Geo5

**Verification of bearing capacity : NAVFAC DM 7.2**

Analysis carried out with automatic selection of the most unfavourable load cases.  
Factor determining critical depth  $K_{dc} = 1,00$

Verification of compressive pile:  
Most unfavourable load case No. 1. (Load No. 1)

Pile skin bearing capacity  $R_k = 3412,32 \text{ kN}$

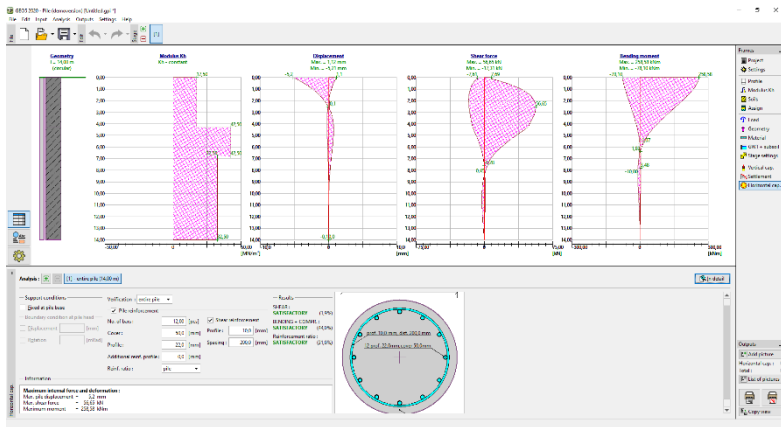
Pile base bearing capacity  $R_{0k} = 415,80 \text{ kN}$

**Pile bearing capacity**  $R_c = 3828,12 \text{ kN}$   
Ultimate vertical force  $V_d = 507,63 \text{ kN}$

Safety factor =  $7,63 > 2,00$

Pile bearing capacity is **SATISFACTORY**

**Gambar 5.10** Detail Hasil Permodelan Geo5



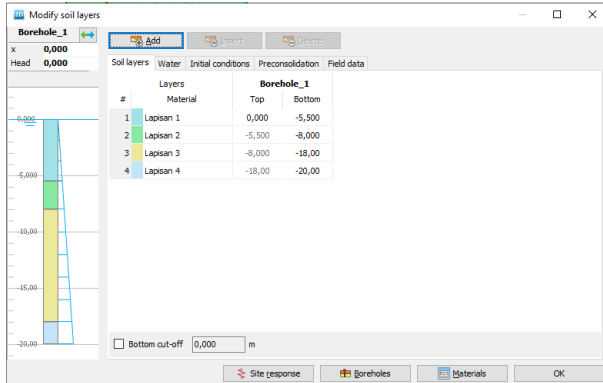
**Gambar 5.11** Hasil Permodelan Tulangan Pile dengan Geo5

Berdasarkan hasil permodelan menggunakan geo 5 seperti pada gambar 5.10 dan gambar 5.11 dapat diketahui jika satu tiang tunggal memiliki kapasitas daya dukung tiang sebesar 3828,12 kN. Desain tulangan juga dilakukan menggunakan Geo5 dimana menghasilkan tulangan longitudinal D22 sebanyak 12 buah dan tulangan geser D10 jarak 200 mm dengan ratio tulangan sebesar 1%.

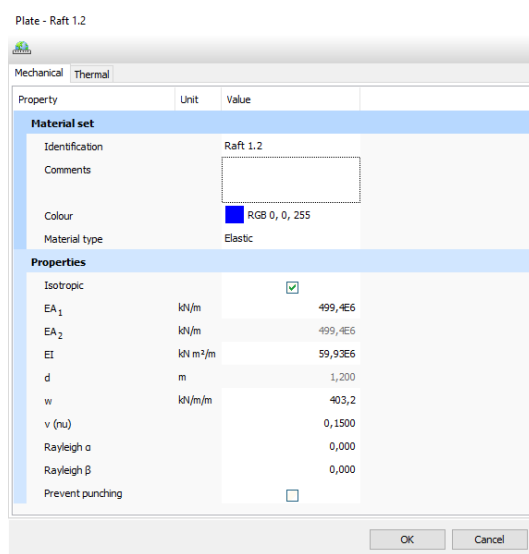
## 5.2 Permodelan Pondasi menggunakan Plaxis2D

Permodelan pondasi dilakukan dengan menggunakan program plaxis 2D dengan menu *plate* untuk

memodelkan pondasi *raft* dan *embedded beam row* untuk memodelkan *bored pile* dengan spesifikasi seperti pada tabel 4.5 dan 4.6. Data bor log yang dimodelkan adalah data bor log B6, data yang diinputkan pada program plaxis 2D sesuai dengan korelasi pada tabel 4.4 sebagai berikut:



**Gambar 5.12** Borehole pada Plaxis2D



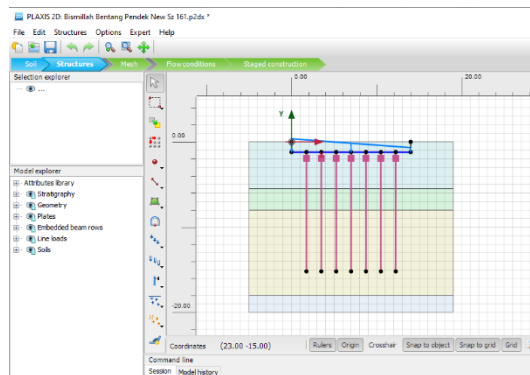
**Gambar 5.13** Permodelan *plate* pada Plaxis2D

Embedded beam row - Pile D 0.6

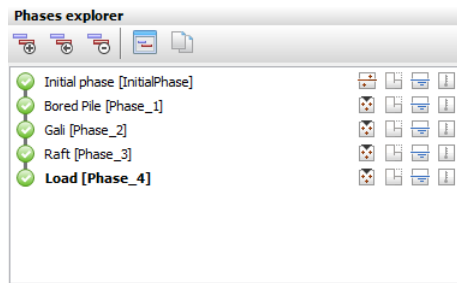
Property	Unit	Value
<b>Material set</b>		
Identification		File D 0.6
Comments		
Colour		RGB 199, 82, 143
Material type		Elastic
<b>Properties</b>		
E	kN/m <sup>2</sup>	29,7366
γ	kN/m <sup>3</sup>	24,00
Beam type		Predefined
Predefined beam type		Massive circular beam
Diameter	m	0,6000
A	m <sup>2</sup>	0,2827
I	m <sup>4</sup>	6,362E-3
L spacing	m	1,750
Rayleigh α		0,000
Rayleigh β		0,000
<b>Axial skin resistance</b>		
Axial skin resistance		Linear
T <sub>skin, start, max</sub>	kN/m	104,0
T <sub>skin, end, max</sub>	kN/m	242,5
<b>Lateral resistance</b>		
Lateral resistance		Unlimited
<b>Base resistance</b>		
F <sub>max</sub>	kN	415,8
<b>Interface stiffness factor</b>		

OK Cancel

**Gambar 5.14** Permodelan *embedded beam row* pada Plaxis2D



**Gambar 5.15** Geometri permodelan Pondasi *Pile Raft* pada Plaxis2D



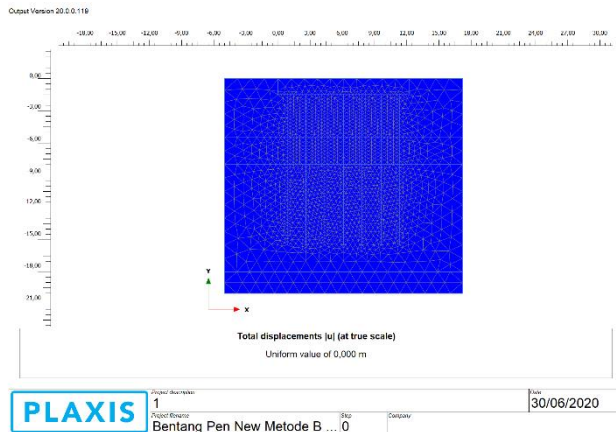
**Gambar 5.16** Tahap stage construction pada Plaxis2D

Setelah tahap input geometri dan struktur telah dilakukan.. Maka, tahap selanjutnya adalah tahap perhitungan pada *stage construction*, pada tahap ini kita menentukan tahap tahap pekerjaan yang akan dilakukan kedalam sebuah phase. Dalam tahap perhitungan pondasi *pile raft* penulis membagi dengan 4 tahap dimana phase 1 adalah tahap pengeboran *bored pile*, phase 2 adalah tahap penggalian tanah untuk *raft*, phase 3 adalah tahap pengecoran pondasi *raft* dan phase 4 adalah tahap dimana beban mulai terjadi.

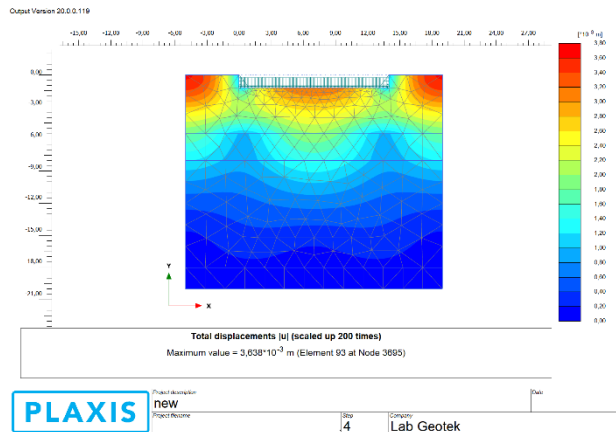
### 5.2.1 Hasil Permodelan Pondasi *Raft* Pada Program Plaxis 2D

Permodelan pondasi raft pada program bantu plaxis 2D ditujukan untuk mengetahui penurunan dan beda penurunan yang terjadi pada pondasi raft. Selain itu, dengan memodelkan pondasi raft pada plaxis 2D juga dapat mengetahui apakah pondasi raft cukup mampu . Berikut hasil permodelan dari pondasi pile raft pada program bantu plaxis 2D:

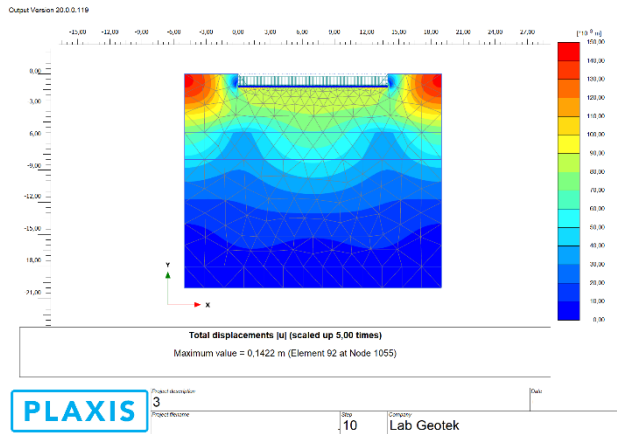




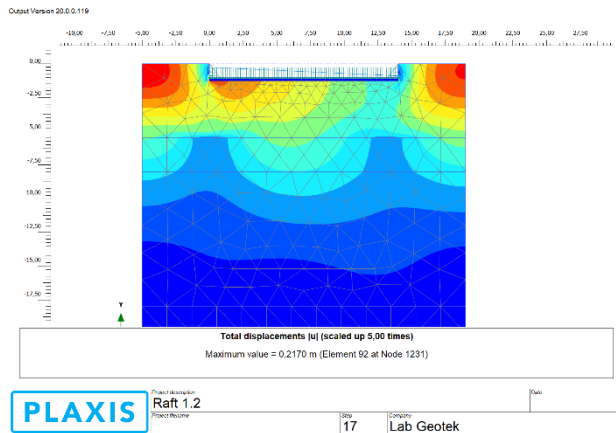
**Gambar 5.17** Hasil Permodelan Initial Phase pada Plaxis2D



**Gambar 5.18** Hasil Permodelan Phase 1 Raft pada Plaxis2D



**Gambar 5.19** Hasil Permodelan Phase 2 Raft pada Plaxis2D



**Gambar 5.20** Hasil Permodelan Phase 3 Raft pada Plaxis2D

Dari gambar 5.20 dapat diketahui bahwa raft tebal 1.2 m terjadi penurunan yang sebesar 20 cm dan beda penurunan antara sisi kiri dan kanan sebesar 0.1 m. hal

tersebut menunjukkan bahwa penurunan dan beda penurunan yang terjadi melebihi standart yang disebutkan dalam SNI 8460 2017 tentang persyaratan perancangan geoteknik bahwa batas maksimam penurunan yang terjadi pada pondasi *raft* sebesar 15 cm dan beda penurunan sebesar 0.018 m Sehingga, perlu perencanaan pondasi *pile raft*.

### Cek daya dukung pondasi raft

$$C_u = 32 \text{ kN/m}^3 \quad L = 41.5 \text{ m}$$

$$B = 14 \text{ m} \quad D_f = 1.2 \text{ m}$$

$$P = 113.97 \text{ kN/m}^2$$

Hence, *Principal of foundation 7<sup>th</sup>* :

$$q_u = 5.14 c_u \left(1 + \frac{0.195B}{l}\right) \left(1 + 0.4 \frac{D_f}{B}\right)$$

$$= 165.12 \text{ kN/m}^2$$

$$q_a = \frac{q_u}{3}$$

$$= 56.040 \text{ kN/m}^2$$

$$q_a > P$$

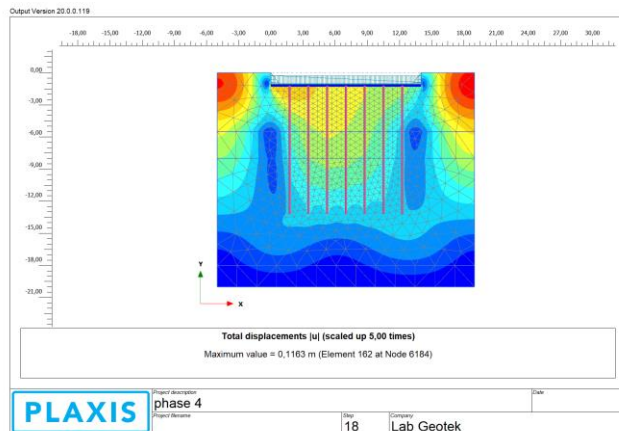
$$56.040 < 113.97 \text{ NOT OK}$$

### 5.2.2 Hasil Permodelan Pondasi *Pile Raft* Pada Program Plaxis 2D

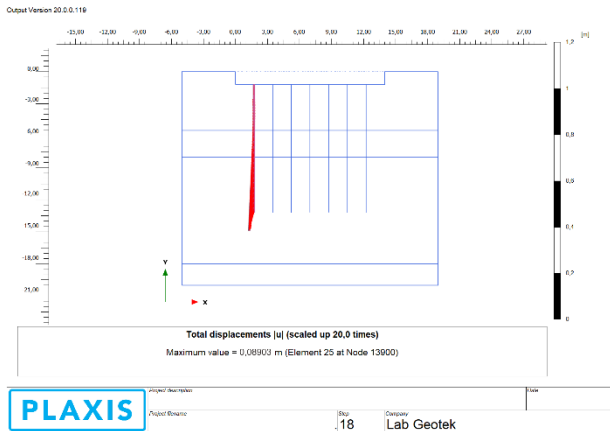
Permodelan pondasi *pile raft* pada progam bantu plaxis 2D ditujukan untuk mengetahui penurunan yang terjadi pada pondasi *pile raft*. Selain itu, dengan memodelkan pondasi *pile raft* pada plaxis 2D juga

mendapatkan nilai momen yang terjadi pada pondasi *raft* sebagai nilai yang digunakan untuk proses penulangan. Sementara itu, Penulis juga harus melakukan cek terhadap beda penurunan yang terjadi pada *pile* yang terdapat pada pondasi *pile raft* dan juga melakukan cek momen yang terjadi pada pile apakah masih dibawah kapasitas dari momen pile tersebut. Berikut hasil permodelan dari pondasi *pile raft* pada program bantu plaxis 2D:

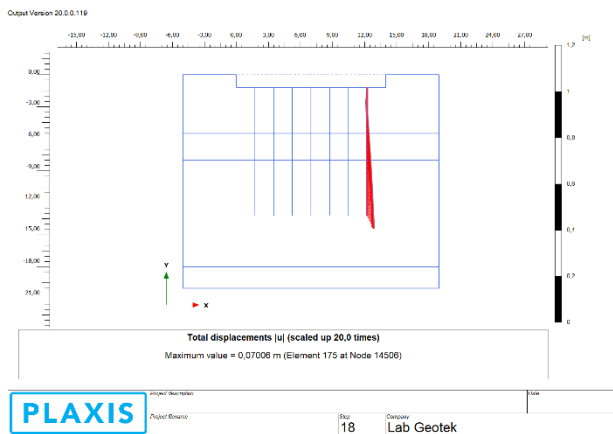
**Permodelan pondasi *pile raft* dengan spesifikasi tebal raft 1.2 m dan kedalaman bored pile 12 m :**



**Gambar 5.21** Hasil Permodelan 12 m pada Plaxis2D



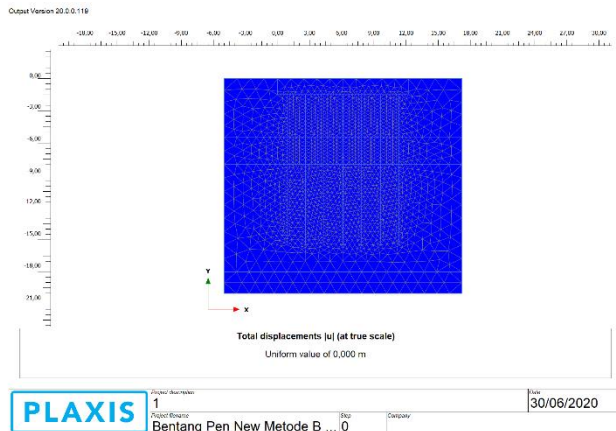
**Gambar 5.22** Penurunan yang terjadi sisi kiri Pile 12 m



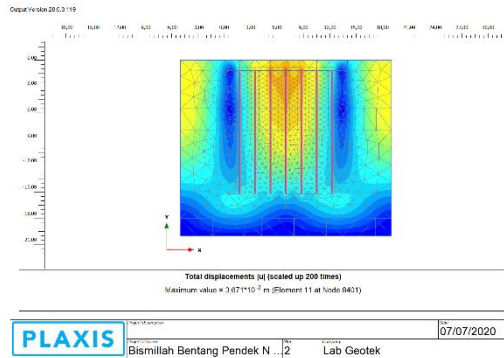
**Gambar 5.23** Penurunan yang terjadi sisi kanan Pile 12 m

Dari gambar dapat diketahui bahwa *pile raft* dengan kedalaman bored pile 12m terjadi penurunan yang sebesar 10 cm dan beda penurunan anta sisi kiri dan kanan sebesar 0.019 m. hal tersebut menunjukkan bahwa penurunan dan beda penurunan yang terjadi melebihi standart yang disebutkan dalam SNI 8460 2017 tentang persyaratan perancangan geoteknik bahwa batas maksimam penurunan yang terjadi pada pondasi *raft* sebesar 15 cm dan beda penurunan sebesar 0.018 m Sehingga, perlu penambahan kedalaman bored pile.

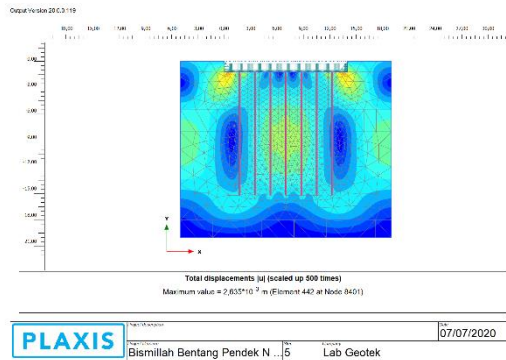
### Permodelan pondasi *pile raft* dengan spesifikasi tebal raft 1.2 m dan kedalaman bored pile 14 m :



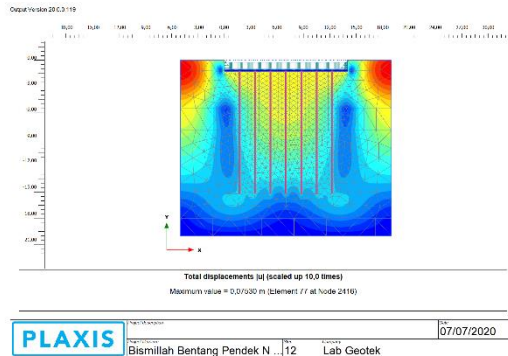
**Gambar 5.24** Hasil Permodelan Initial Phase pada Plaxis2D



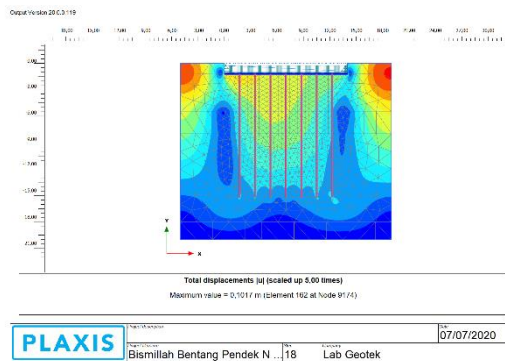
**Gambar 5.25** Hasil Permodelan Phase 1 pada Plaxis2D



**Gambar 5.26** Hasil Permodelan Phase 2 pada Plaxis2D



**Gambar 5.27** Hasil Permodelan Phase 3 pada Plaxis2D



**Gambar 5.28** Hasil Permodelan Phase 4 pada Plaxis2D

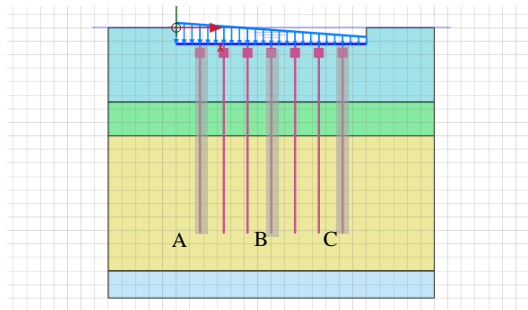
Dari gambar 5.27 dapat diketahui bahwa penurunan yang terjadi sebesar 7 cm. hal tersebut



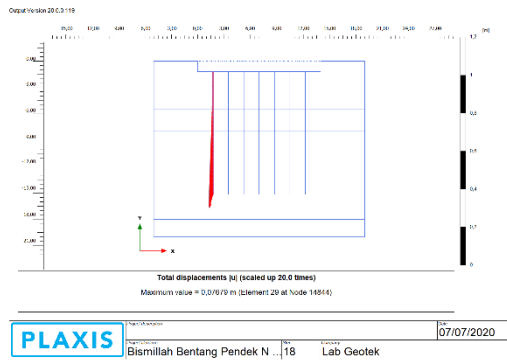
menunjukkan bahwa penurunan yang terjadi masih didalam standart yang disebutkan dalam SNI 8460 2017 tentang persyaratan perancangan geoteknik bahwa batas maksimum yang terjadi pada pondasi *pile raft* sebesar 15 cm.

### 5.2.3 Cek Bede Penurunan pada Pile

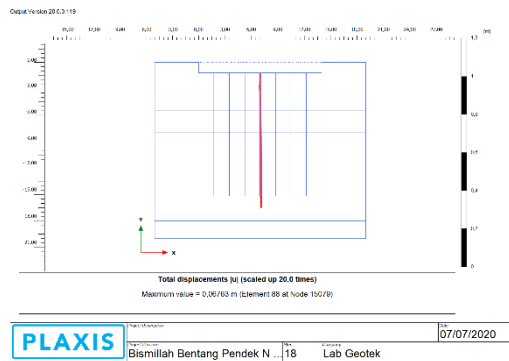
Perlu dilakukan beda penurunan untuk mengantisipasi terjadinya beda penurunan yang tidak diinginkan dan menyebabkan kegagalan struktur pada struktur atas. Berdasarkan SNI 8460 2017 tentang persyaratan perancangan geoteknik pada pasal 9 menyatakan bahwa batas nilai beda penurunan adalah sebesar  $\frac{1}{300} \cdot L$  atau bisa dikatakan sebesar 0.018 m. Cek beda penurunan dilakuakn pada *bored pile* paling pojok sisi kiri (*Pile A*) terhadap *bored pile* tengah (*Pile B*) dan *bored pile* paling pojok sisi kanan (*pile C*)

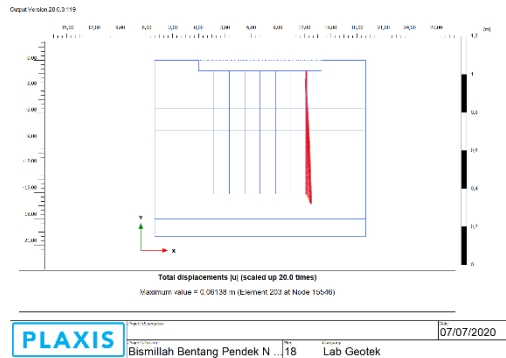


**Gambar 5.29** Denah Pile yang ditinjau



**Gambar 5.30** Penurunan yang terjadi pada Pile A

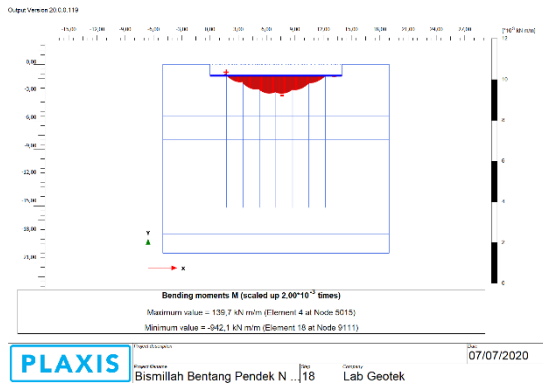


**Gambar 5.31** Penurunan yang terjadi pada Pile B**Gambar 5.32** Penurunan yang terjadi pada Pile C

Penurunan pada pile A terjadi sebesar 0.07679 m, pada pile B sebesar 0.06763 m dan pada pile C sebesar 0.06138. jadi beda penurunan yang terjadi antara pile A dan B sebesar 0.00916 m, pile B dan C sebesar 0.00625 m. dan pile A dan C sebesar 0.01541 m Berdasarkan analisa diatas dapat diaktanya bahwa beda penurunan yang terjadi pada *pile* memenuhi syarat yang ditentukan (0.018)m.

#### 5.2.4 Penulangan pada Pondasi Raft

Penulangan pada pondasi raft dilakukan dengan menggunakan perhitungan manual dengan konsep sama seperti penulangan pelat pada beton bertulang. Dari hasil permodelan pondasi *pile raft* menggunakan plaxis2D didapatkan hasil momen sebagai berikut :



**Gambar 5.33** Hasil Momen Pondasi Raft

Berdasarkan hasil momen yang ada maka dapat dihitung penulangan pada pondasi *raft* seperti pada langkah-langkah dibawah ini :

### Tulangan Tarik

Direncanakan menggunakan tulangan D22-150 mm sebanyak 1 lapis. Dengan cek momen seperti pada sub-bab 2.7 :

- Momen ultimate = 942 kN.m/m
- Mutu beton ( $f_c'$ ) = 40 Mpa
- Mutu baja tulangan ulir ( $f_y$ ) = 410 Mpa
- Teblat pelat lantai = 1200 mm
- Diameter tulangan = D22
- Jumlah lapis (n) = 1
- Tebal selimut = 75 mm

$$dx = h - \text{decking} - D/2$$

$$= 1200 - 75 - 22/2$$

$$= 1114 \text{ mm}$$

- $m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{410 \text{ MPa}}{0,85 \times \text{MPa}} = 12,058$
- $R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d \times x^2} = \frac{980000000 \text{ Nmm}}{0,9 \times 1000 \times 1114^2} = 0,8774 \text{ N/mm}^2$
- $\rho_{\min} = 0,002$
- $\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$   
 $= 0,04187$
- $\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}}$   
 $= 0,03141$
- $\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$
- $\rho = \frac{1}{15,7} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,058 \times 0,8774}{410}} \right) = 0,00217$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,002 < 0,00217 < 0,0314$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,00217$$

Maka luas tulangan perlu :

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d$$

$$= 2415,63 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan bawah **D22 – 150 mm**

$$A_{S_{\text{pasang}}} = \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2 \times n$$

$$A_{s_{\text{pasang}}} = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 \times 8$$

$$A_{s_{\text{pasang}}} = 3041 \text{ mm}^2$$

Jadi, Tulangan D22-150 dapat digunakan.

### **Tulangan Tekan**

Dipasang tulangan atas :

$$A_{s'_{\text{perlu}}} = 50\% A_s$$

$$A_{s'_{\text{perlu}}} = 50\% \times 2415.63 \text{ mm}^2$$

$$A_{s'_{\text{perlu}}} = 1207.81 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan **D22 – 150 mm**

$$A_{s_{\text{pasang}}} = \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2 \times n$$

$$A_{s_{\text{pasang}}} = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 \times 8$$

$$A_{s_{\text{pasang}}} = 3041 \text{ mm}^2$$

Jadi, Tulangan D22-150 dapat digunakan.

### **Tulangan Geser**

- $V_u = 481 \text{ kN}$

➤ Kuat Geser Beton

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

Dengan:

$$\lambda = 0.75$$

$$V_c = 0,17 \times 0.75 \times \sqrt{40 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \times 1000 \text{ mm} \times 1414 \text{ mm}$$

$$V_c = 898.3 \text{ kN}$$

$$0.5 V_c = 449.15 \text{ kN}$$

$$0.5V_c < V_u < V_c \text{ (SNI 2847:2013, Pasal 11.4.6)}$$

$$449 \text{ kN} < \mathbf{481} \text{ kN} < 898 \text{ kN} \text{ (maka menggunakan } A_{v\min})$$

$$A_{v\min} = 0.062 \times \sqrt{f_c'} \times \left( \frac{bw \times s}{f_y} \right) \geq \frac{0.35 bw s}{f_y}$$

$$S_{\max} = \frac{D}{2} \text{ ataupun } 600 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 500 \text{ mm}$$

$$A_{v\min} = 478.2 > 426.83$$

$$A_{v\text{perlu}} = 478.2$$

Dipasang tulangan D22 dengan 2 kaki

$$\begin{aligned} A_{v\text{pakai}} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times n\text{kaki} \\ &= 567.06 \end{aligned}$$

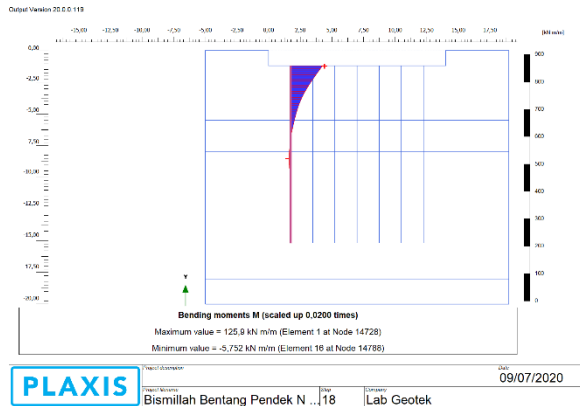
Jadi, Tulangan geser D22-500 dapat digunakan.

Sehingga, untuk tulangan arah x dan y menggunakan ukuran tulangan yang sama yaitu tulangan Tarik D22-150 dan tulangan Tekan D22-150 dan Tulangan geser D22 - 500.

### 5.2.5 Cek Kapasitas Momen Pile

Setelah penulangan dilakukan dengan menggunakan perhitungan dengan program bantu Geo 5. Dilakukan pengecekan terhadap momen yang terjadi pada pile apakah dapat menahan momen yang terjadi pada

Plaxis2D dengan bantuan program bantu SPColumn. Dari hasil permodelan SPColumn sebagai berikut :



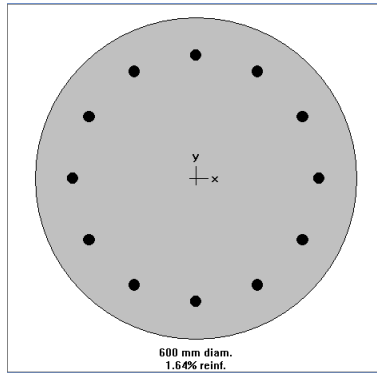
**Gambar 5.34** Hasil Momen pada Pile

Berdasarkan hasil momen yang ada maka dapat dilakukan cek kapasitas momen pada *pile* seperti pada langkah-langkah dibawah ini :

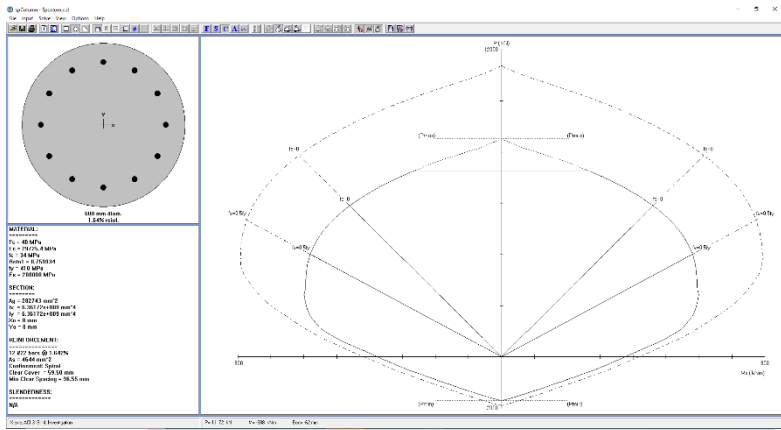
Tulangan longitudinal menggunakan tulangan D22 sebanyak 12 dan tulangan geser D10 jarak 200 mm

- Momen ultimate = 125.9 kN.m
- Mutu beton ( $f_c'$ ) = 40 Mpa
- Mutu baja tulangan ulir ( $f_y$ ) = 410 Mpa
- Diameter = 600 mm
- Diameter tulangan = D22
- Jumlah ( $n$ ) = 12
- Tebal selimut = 50 mm





**Gambar 5.35** Geometri pile pada SPColumn



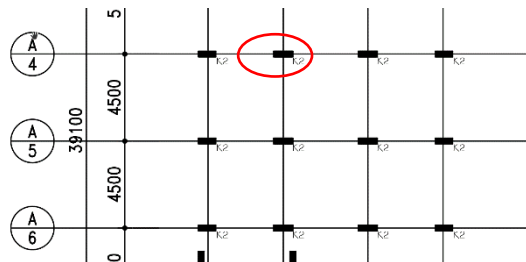
**Gambar 5.36** Hasil Permodelan Kapistas Pile pada SPColumn

About	Point	P	X-Moment	Y-Moment	NA Length	at Length	at
	4%	kNm	kNm		mm	mm	
+	Max compression	6719.9	0.00	0.00	1677	520	-0.0020
-	Min flexion	2314.8	308.32	0.00	646	520	-0.0054
+	Max tension	3900.2	-480.73	0.00	520	520	0.0000
-	Min flexion	-4098.9	148.16	0.00	791	141	0.0070
+	Max compression	2799.2	395.34	0.00	214	520	0.0025
-	Min flexion	1138.2	-54.38	0.00	196	520	0.0000
+	Max tension	376.34	0.00	0.00	0	520	0.0000

**Gambar 5.37** Hasil Momen Pile pada SPColumn

Berdasarkan hasil permodelan pile menggunakan program bantu SPColumn maka didapatkan kapasitas momen dari pile sebesar 376.34 kNm sedangkan pada gambar 5.23 diketahui momen yang terjadi ada adalah 125.9 kNm. Jadi, tulangan logitudinal D22 berjumlah 12 batang dan tulangan geser D10 jarak 200 mm dengan ratio tulangan sebesar 1.64% dan dapat menahan momen yang terjadi pada pile. Dibuktikan dengan  $376.34 \text{ kNm} > 125.9 \text{ kNm}$  (OK)

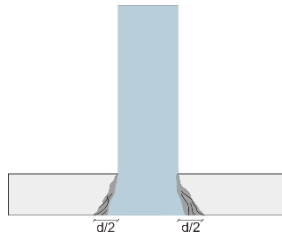
## 5.2.6 Perhitungan Geser Pons pada Pelat Pondasi Raft terhadap Kolom



**Gambar 5.38** Sketsa Kolom yang ditinjau pada Geser Pons

Dalam menentukan kebutuhan akan tulangan geser harus ditinjau dengan kontrol geser satu arah (aksi balok lebar) maupun dua arah (geser pons). Akan tetapi aksi balok lebar pada umumnya jarang menentukan sebab resiko dari aksi balok lebar yaitu pelat sebagai balok lebar pemikul beban tidak seburuk resiko kegagalan geser punching. Oleh sebab itu biasanya kontrol terhadap geser dua arah lebih menentukan, kontrol dilakukan pada kolom yang mengalami gaya paling besar.

**a. Diketahui Data Pelat Sebagai berikut :**



**Gambar 5.39** Luas Bidang Kritis Kolom

- $V_u$  dari Etabs = 2394 kN
- Mutu Beton ( $f_c'$ ) = 40 Mpa
- Mutu Baja ulir ( $f_y$ ) = 410 Mpa
- Tebal raft = 1200 mm
- $d'$  = 66 mm
- $d$  = 1134 mm
- B (kolom) = 300 mm
- H (kolom) = 1000 mm
- $b_1$  = 1414 mm

$$\bullet \quad b_2 = 2114 \text{ mm}$$

Joint Design Reactions												
File Edit Format-Filter-Sort Select Options												
Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: FZ DESC												
Filter: None												
	Story	Label	Unique Name	Output Case	Case Type	Step Type	FX kN	FY kN	FZ kN	MX kN-m	MY kN-m	MZ kN-m
▶	Base	10	115	1m D + 0.75L ...	Combination	Max	1.1694	-13.1131	2394.3553	67.1499	2.0678	-0.093

**Gambar 5.40** Hasil Output Joint Reaction pada Kolom yang Ditinjau

### b. Cek Geser 2 Arah Kolom terhadap Raft

$$\beta_c = \frac{H}{B} = \frac{100}{300} = 3.33$$

$$b_1 = \frac{d}{2} + \frac{d}{2} + 300 = 1434 \text{ mm}$$

$$b_2 = \frac{d}{2} + \frac{d}{2} + 1000 = 2134 \text{ mm}$$

$$b_0 = 2 \times (b_1 + b_2) = 7136 \text{ mm}$$

$$\alpha_s = 40 \text{ (Kolom dalam)}$$

$$\sqrt{f_c'} b_0 d = 51179718.35 \text{ N}$$

$$\phi VC_1 = 0.75 \frac{1}{6} \left( 1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \sqrt{f_c'} b_0 d$$

$$\phi VC_1 = 0.75 \frac{1}{6} \left( 1 + \frac{2}{3.33} \right) \sqrt{f_c'} b_0 d$$

$$\phi VC_1 = 10356965,3 \text{ N}$$

$$\phi VC_1 = 10356,9653 \text{ kN}$$

$$\phi VC_2 = 0.75 \left( \frac{\alpha s}{12} + \frac{d}{b_0} + \frac{1}{6} \right) \sqrt{f'c'} b_0 d$$

$$\phi VC_2 = 0.75 \frac{1}{6} \left( \frac{40}{12} + \frac{1410.5}{8242} + \frac{1}{6} \right) \sqrt{f'c'} b_0 d$$

$$\phi VC_2 = 25836048,82 \text{ N}$$

$$\phi VC_2 = 25836,049 \text{ kN}$$

$$\phi VC_3 = 0.75 \frac{1}{3} \sqrt{f'c'} b_0 d$$

$$\phi VC_3 = 0.75 \frac{1}{3} \sqrt{f'c'} b_0 d$$

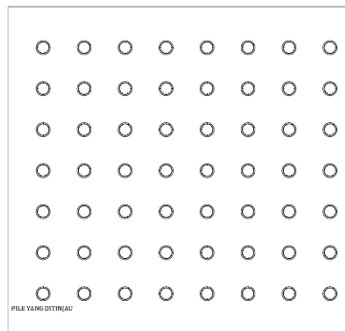
$$\phi VC_3 = 12428358,36 \text{ N}$$

$$\phi VC_3 = 12428,366 \text{ kN}$$

Ambil nilai  $\phi VC$  terkecil, sehingga

$$V_u \leq \phi VC \sim 2394 \text{ kN} \leq 10356.97 \text{ kN}$$

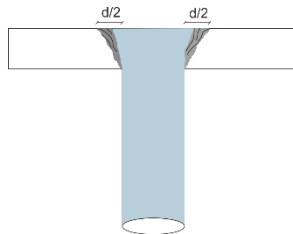
### 5.2.7 Perhitungan Geser Pons pada Pelat Pondasi Raft terhadap Bored Pile



**Gambar 5.41** Sketsa Pile yang Ditinjau pada Geser Pons

Dalam menentukan kebutuhan akan tulangan geser harus ditinjau dengan kontrol geser satu arah (aksi balok lebar) maupun dua arah (geser pons). Akan tetapi aksi balok lebar pada umumnya jarang menentukan sebab resiko dari aksi balok lebar yaitu pelat sebagai balok lebar pemikul beban tidak seburuk resiko kegagalan geser punching. Oleh sebab itu biasanya kontrol terhadap geser dua arah lebih menentukan, kontrol dilakukan pada pile yang mengalami gaya paling besar yang letaknya berada disudut.

**a. Diketahui Data Pelat Sebagai berikut :**



**Gambar 5.42** Luas Bidang Kritis pada Pile

- $V_u$  dari geo5 = 3828.12 kN
- Mutu Beton ( $f_c'$ ) = 40 Mpa
- Mutu Baja ulir ( $f_y$ ) = 410 Mpa
- Tebal raft = 1200 mm
- $d'$  = 86 mm
- $d$  = 1114 mm
- $D$  = 600 mm

- $D' = 1714 \text{ mm}$

---

**Verification of bearing capacity : NAVFAC DM 7.2**  
 Analysis carried out with automatic selection of the most unfavourable load cases.  
 Factor determining critical depth  $k_{dc} = 1,00$

Verification of compressive pile:  
 Most unfavorable load case No. 1. (Load No. 1)

Pile skin bearing capacity  $R_s = 3412,32 \text{ kN}$   
 Pile base bearing capacity  $R_b = 415,80 \text{ kN}$

Pile bearing capacity	$R_c = 3828,12 \text{ kN}$
Ultimate vertical force	$V_d = 501,63 \text{ kN}$

Safety factor =  $7,63 > 2,00$

Pile bearing capacity is SATISFACTORY

**Gambar 5.43** Hasil Output dari geo5

**c. Cek Geser 2 Arah Kolom terhadap Raft**

$$\beta_c = \frac{D}{D'} = \frac{600}{600} = 1$$

$$b_0 = 2 \pi r' = 5384.69 \text{ mm}$$

$$\alpha_s = 20 \text{ (Kolom sudut)}$$

$$\sqrt{f'c'} b_0 d = 37938126,19 \text{ N}$$

$$\phi VC_1 = 0.75 \frac{1}{6} \left( 1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \sqrt{f'c'} b_0 d$$

$$\phi VC_1 = 0.75 \frac{1}{6} \left( 1 + \frac{2}{1} \right) \sqrt{f'c'} b_0 d$$

$$\phi VC_1 = 14226797,3 \text{ N}$$

$$\phi VC_1 = 14226,797 \text{ kN}$$

$$\phi VC_2 = 0.75 \left( \frac{\alpha_s}{12} + \frac{d}{b_0} + \frac{1}{6} \right) \sqrt{f'c'} b_0 d$$

$$\phi VC_2 = 0.75 \frac{1}{6} \left( \frac{20}{12} + \frac{1110.5}{5373.69} + \frac{1}{6} \right) \sqrt{f'c'} b_0 d$$

$$\phi VC_2 = 14553200,59 N$$

$$\phi VC_2 = 14553,20 kN$$

$$\phi VC_3 = 0.75 \frac{1}{3} \sqrt{f'c'} b_0 d$$

$$\phi VC_3 = 0.75 \frac{1}{3} \sqrt{f'c'} b_0 d$$

$$\phi VC_3 = 9484531,55 N$$

$$\phi VC_3 = 9484,532 kN$$

Ambil nilai  $\phi VC$  terkecil, sehingga

$$V_u \leq \phi VC \sim 3828.12 kN \leq 9484,53 kN$$

### 5.2.8 Perbandingan Penulangan dengan Eksisting

Berikut adalah perbandingan penulangan antara piled raft dan eksisting :



**Tabel 5.2** Perbandingan tulangan bored pile dengan eksisting

Elemen	Jenis Tulangan	Pile Raft			Eksisting		
		Dia (cm)	n	Ø/D (mm)	Dia (cm)	n	Ø/D (mm)
Bored Pile	Tul. Utama	60	12	22	60	18	22
					80	15	22
			s	Ø/D	s		Ø/D
			(mm)	(mm)	(mm)		(mm)
	Tul. Senggang	60	200	10	80	150	10

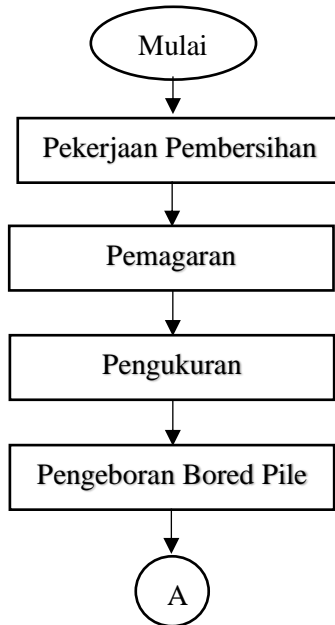
**Tabel 5.3** Perbandingan tulangan pelat dengan eksisting

Elemen	Jenis Tulangan	Pile Raft		Eksisting	
		Ø/D (mm)	s (mm)	Ø/D (mm)	s (mm)
Pelat	Tul. Atas	22	150	22	100
	Tul. Bawah	22	150	22	100

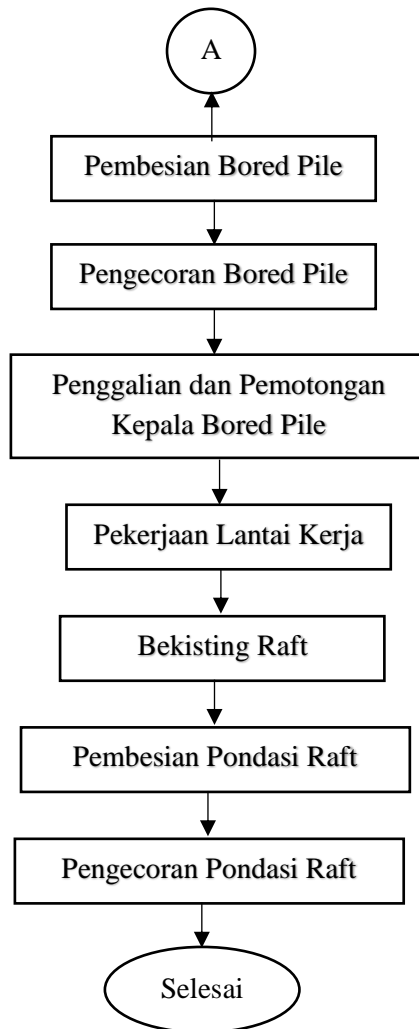
### 5.3 Perencanaan Metode Pelaksanaan

Metode pelaksanaan konstruksi merupakan kunci untuk dapat mewujudkan seluruh perencanaan menjadi bentuk bangunan. Metode pelaksanaan konstruksi terdiri dari tahapan pekerjaan yang dilakukan hingga proses pekerjaan selesai. Tahap konstruksi merupakan tahap yang perlu mendapat perhatian agar tujuan utama menghasilkan proyek yang berkualitas dapat tercapai. Dalam tahap konstruksi, pengelola proyek hendaknya mempertimbangkan aspek positif dan negatif yang akan terjadi pada masa pelaksanaan. Oleh karena itu direncanakan metode pelaksanaan konstruksi struktur

bawah pada proyek Apartemen Gunawangsa Gresik dalam tugas akhir ini sebagai berikut :



**Gambar 5.44** Diagram Metode Pelaksanaan



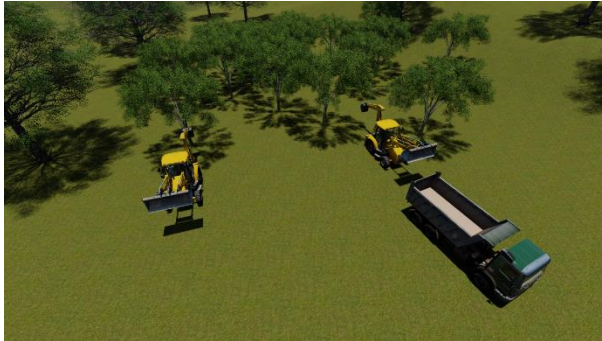
**Gambar 5.45** Diagram Metode Pelaksanaan

### 5.3.1 Metode Pelaksanaan Tahap Persiapan

Pekerjaan persiapan merupakan pekerjaan yang dilakukan pertama kali dalam suatu pembangunan.

Pekerjaan ini meliputi pekerjaan pembersihan lahan, pekerjaan pemagaran, dan pekerjaan *uitzet* atau pengukuran.

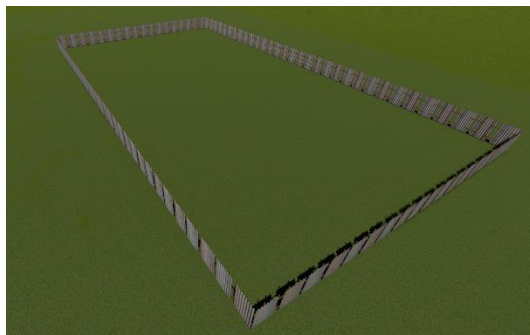
**a. Pekerjaan Pembersihan**



**Gambar 5.46** Simulasi Pekerjaan Pembersihan

Pekerjaan pembersihan lahan di lokasi proyek yang akan dibangun dilakukan dengan menggunakan alat berat *excavator* dan *dump truck*. Pekerjaan pembersihan lahan dilakukan untuk membersihkan area proyek dari pepohonan, rerumputan, sampah, dan hal-hal lain yang dapat mengganggu pelaksanaan proyek.

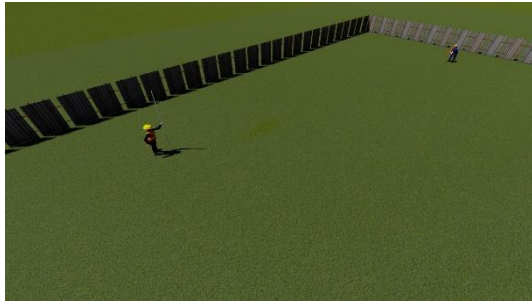
**b. Pemasangan Bouwplank**



### Gambar 5.47 Simulasi Pemasangan

Pekerjaan bouwplank dilakukan di lokasi proyek untuk menentukan titik as area kerja. Pemasangan bouwplank membutuhkan konstruksi hayu dan papan.

#### c. Pengukuran



Gambar 5.48 Pengukuran oleh Surveyor

Pekerjaan *uizet* merupakan kegiatan pengukuran ulang lapangan yang dilakukan oleh *surveyor*. Tujuan pekerjaan ini adalah untuk memastikan titik bored pile dilapangan sudah sesuai dengan rencana. Pengukuran diawali dengan melakukan zeroing pada titik Benchmark (BM) dilokasi yang mudah dicari dan terlihat.

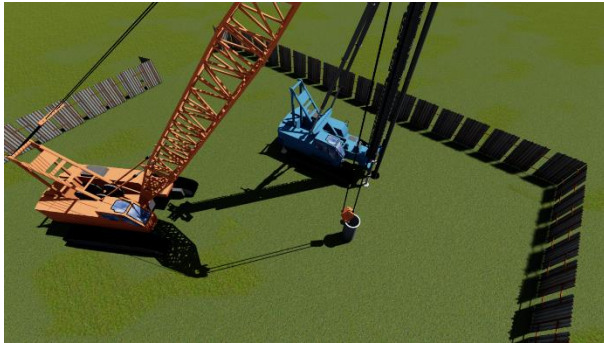
#### 5.3.2 Metode Pelaksanaan Tahap *Bored Pile*

Pada pembangunan Gedung Apartemen Gunawangsa ini. Kedalaman pondasi *boredpile* pada proyek ini mencapai 14 m dengan diameter 60 cm. Adapun alat dan bahan yang dipakai dalam proses metode pelaksanaan:

Alat yang digunakan :

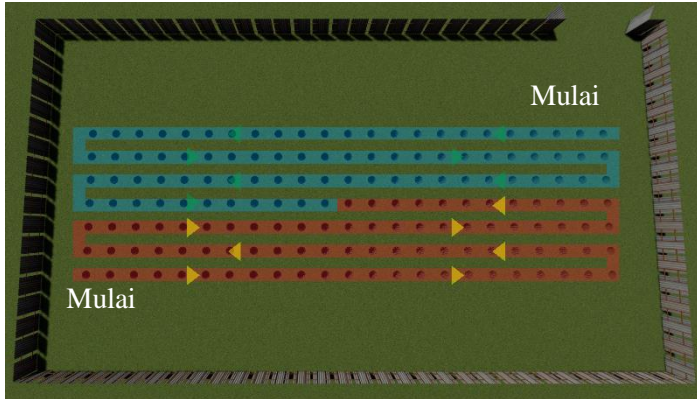
1. 2 Mesin Bor Sany SR285C

2. 2 Mobil Crane
  3. Mata Bor Auger
  4. Temporary Casing
  5. 63 Truck Mixer
  6. 2 Concrete Pump
  7. Concrete Bucket
  8. Bahan yang dibutuhkan :
    - Besi Tulangan (BJ550) yang telah difabrikasi
    - Beton Ready Mix (fc'40)
- a. Pekerjaan Pengeboran**



**Gambar 5.49** Proses Pengeboran

Dilakukan pengeboran awal menggunakan *bore pile machine* dengan teliti dan hati-hati, perlu diperhatikan bahwa posisi bor tidak boleh miring agar didapatkan lubang sesuai rencana. Kemudian pemasangan *temporary casing* dengan bantuan *crane*, dilanjutkan dengan pengeboran lanjutan hingga kedalaman sesuai rencana.



**Gambar 5.50** Alur Pekerjaan Pengeboran

Pekerjaan *bored pile* dilakukan menggunakan 2 alat dan dilakukan dari dua arah seperti ilustrasi gambar 5.50 agar pekerjaan dapat selesai lebih cepat. Pekerjaan pengeboran dapat dilakukan sebanyak 14 titik per hari dan dapat diselesaikan dalam waktu 12 hari.

#### **b. Pekerjaan Pembesian**



**Gambar 5.51** Pemasangan Tulangan dengan bantuan Mobil Crane

Tulangan pondasi *bored pile* meliputi tulangan utama dan tulanga spiral sebagai sengkang. Tulangan

tersebut di fabrikasi di area sekitar proyek. Pekerjaan fabrikasi meliputi pemotongan, pembengkokan, dan pengaitan menggunakan alat *bar bender* serta *bar cutter*. Setelah fabrikasi selesai tulangan tersebut akan dipasang pada pondasi sesuai dengan elevasi rencana. Dalam proses pengangkutan tulangan ke lokasi titik menggunakan mobil *crane*.

### c. Pekerjaan Pengecoran



**Gambar 5.52** Pengecoran Ready Mix kedalam Bored Pile

Tahapan terakhir adalah pengecoran *bore pile*. Sebelum dilakukan pengecoran, dilakukan pemasangan *bucket*. Alat tersebut membantu beton dapat mengalir dengan baik pada lubang cor. Kemudian dilakukan *slump test* pada beton ready mix agar spesifikasi beton sesuai dengan yang diinginkan. Pengecoran *bore pile* dilakukan hingga beton mencapai *cut of level* dan ditambah dengan toleransi  $\pm 1$  m. Setelah pengecoran selesai, dilakukan pencabutan *temporary casing*. Dalam pekerjaan pengecoran membutuhkan 63 truck mixer.



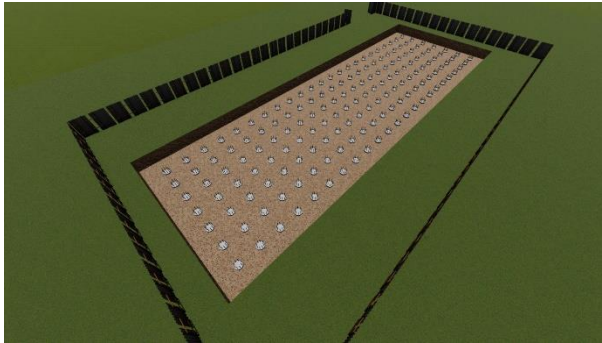
### 5.3.3 Metode Pelaksanaan Tahap *Raft*

#### a. Pekerjaan Galian dan Pemotongan Bored Pile

Pada pembangunan Gedung Apartemen Gunawangsa ini. Kedalaman raft sebesar 1.2 m. Adapun alat dan bahan yang dipakai dalam proses metode pelaksanaan:

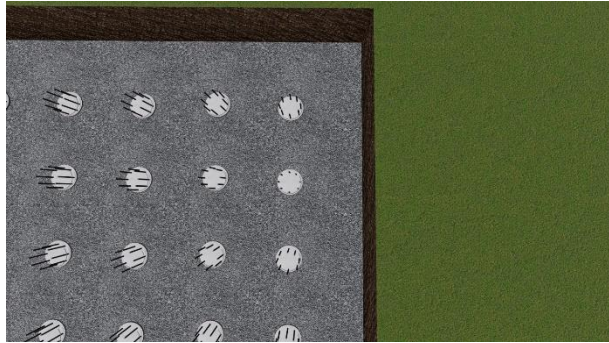
Alat yang digunakan :

- Excavator Kobelco SK 75 SR
- 70 Truck Mixer
- Concrete Pump
- Air Compressor



**Gambar 5.53** Galian dan Pemotongan Bored Pile

Pekerjaan Pemotongan Kepala Bore Pile dilakukan setelah tanah selesai digali sesuai dengan elevasi raft yang direncanakan. Pekerjaan galian dilakukan dalam waktu 3 hari. Selanjutnya dilakukan pembobokan beton disekeliling kepala pondasi, hingga terlihat tulangan besinya yang kemudian dijadikan stek sebagai pengikat dengan raft Selanjutnya dilakukan pemotongan kepala bore pile pada cut of level.

**b. Pekerjaan Lantai Kerja**

**Gambar 5.54** Pembuatan lantai kerja

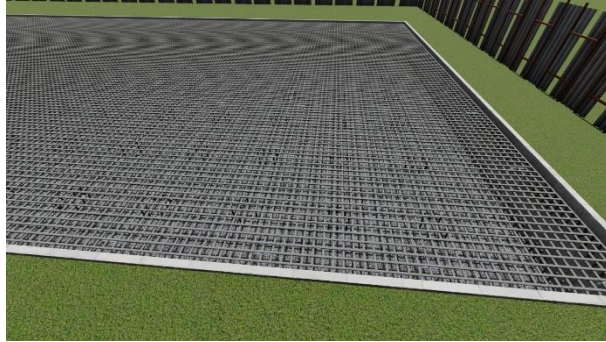
Pekerjaan lantai kerja merupakan pekerjaan yang bertujuan untuk memudahkan pekerja berdiri di atas lahan datar serta berfungsi sebagai dudukan besi pada Pondasi *Raft*. Ketebalan lantai kerja Pondasi *Raft* dibuat sebesar 5 cm dengan bahan Urugan Sirtu.

**c. Pekerjaan Bekisting**

**Gambar 5.55** Pemasangan Bekisting *Raft*

Bekisting Pondasi *Raft* dibuat menggunakan bekisting batako dengan ukuran 40 cm x 20 cm x 10 cm yang dipasang dengan tenaga manusia menggunakan alat angkut wheel barrow.

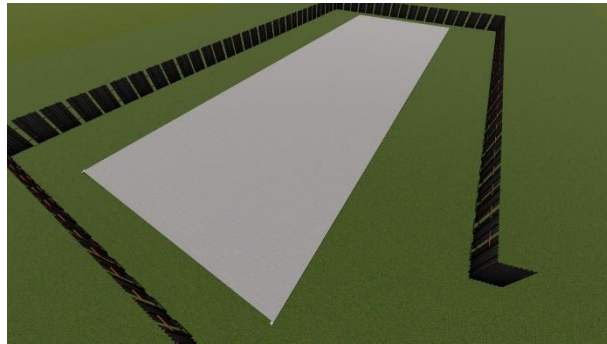
#### d. Pekerjaan Pembesian



**Gambar 5.56** Pembesian Raft

Pekerjaan pembesian dimulai dengan pekerjaan fabrikasi tulangan dilakukan di area sekitar proyek, pekerjaan fabrikasi meliputi pemotongan, pembengkokan, serta pengaitan besi sesuai dengan gambar perencanaan menggunakan alat bar cutter maupun bar bender. Kemudian dilanjutkan dengan perakitan tulangan di lokasi pemasangan. Perakitan tulangan di lokasi dapat diselesaikan dalam waktu 2 hari. Setelah itu dilakukan pemasangan beton decking untuk menjaga jarak selimut beton yang diikatkan pada tulangan agar tidak berubah posisi saat dilakukan pengecoran.

### e. Pekerjaan Pengecoran



**Gambar 5.57** Tahap Terakhir pengecoran raft

Setelah itu adalah tahap terakhir yaitu pengecoran. Pekerjaan ini diawali dengan pembersihan area pengecoran menggunakan air compressor. Lalu dilakukan slump test agar spesifikasi beton ready mix sesuai dengan yang direncanakan. Pengecoran dilakukan secara berkelanjutan agar tidak ada beton yang mengeras terlebih dahulu. Selama proses pengecoran dibarengi dengan pemadatan menggunakan vibrator. Adapun pemasangan alat *Thermocouple* dengan tujuan mampu memonitor perbedaan suhu yang terjadi pada permukaan beton dan di dalam beton. Pekerjaan pengecoran ini dilakukan selama 28 jam tanpa berhenti. Setelah pekerjaan pengecoran selesai. Beton ditutupi dengan Styrofoam untuk pengendalian retak thermal.

## 5.4 Rancangan Anggaran Biaya

Rencana Anggaran Biaya merupakan perkiraan biaya yang diperlukan dalam suatu pekerjaan konstruksi. Didalam menentukan Rencana Anggaran Biaya dibutuhkan perhitungan volume.

### 5.4.1 Perhitungan Volume Material

- **Volume Material Bored Pile**

#### Volume Tulangan Senggang Spiral

Diameter = 0.6 m      h = 14m

Decking = 0.05 m      h1 = 0.2 m

Uk Tul = D10 - 200      Bored Pile = 161 buah

Berat Tul D10 =  
0.617 kg/m

$$\begin{aligned} \text{Panjang 1 buah tulangan} &= L = \sqrt{\left(\pi \frac{h}{h_1} D\right)^2 + h^2} \\ \text{senggang spiral} & \\ L &= \sqrt{\left(\pi \frac{14}{0.2} 0.5\right)^2 + 14^2} \\ &= 110.84 \text{ m} \end{aligned}$$

Berat total tulangan

senggang spiral

$$= \text{Berat Tul} \times \text{Panjang} \times \text{Bored Pile}$$

$$= \mathbf{11010.85 \text{ Kg}}$$

#### Volume Tulangan Utama

Diameter = 0.6 m      n = 12

Decking = 0.05 m      h = 14 m

Uk Tul = D22      Bored Pile = 161 buah

Berat Tul D22 =  
02.984 kg/m

Pj. Lewatan atas =  
1.07 m

Pj. Total = 15.7 m

$$\text{Berat 1 buah Tul. Utama} = \text{Pj. Total} \times \text{Berat Tul D22}$$

$$= 44.97 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Tul 1 Bored Pile} &= n \times \text{Berat Tul D22} \times \text{Bored} \\ &\text{Pile} \\ &= \mathbf{86879.87 \text{ Kg}} \end{aligned}$$

### **Volume Pengecoran**

$$\text{Diameter} = 0.6 \text{ m} \quad \text{Mutu Beton (fc')} = 40$$

$$\text{H} = 14 \text{ m} \quad \text{Bored Pile} = 161 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Kotor Pengecoran} &= \pi r^2 \times h \\ &= 3.96 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Tul Bored Pile} &= \frac{\text{Berat Tul. utama} + \text{Berat Tul. Senggang}}{\text{Berat Jenis Besi}} \\ &= 0.077 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volume Netto Bored Pile} = 3.88 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Total} &= \text{Vol Bored Pile} \times \text{Jumlah} \\ &\text{Bored Pile} \\ &= \mathbf{624.83 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

- **Volume Material Raft**

$$\text{B} = 41.5 \text{ m} \quad \text{Uk Tul} = \text{D2} \quad \text{Tul. Arah X} = 277 \text{ buah}$$

$$\text{H} = 14 \text{ m} \quad \text{S} = 0.150 \text{ m} \quad \text{Tul. Arah Y} = 94 \text{ buah}$$

$$\text{Decking} = 0.075 \text{ m} \quad \text{Tul Tekuk} = 0.264 \text{ m} \quad \text{Berat Tul} = 2.984 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang Tul X} &= \text{Tul Utama} + \text{Tul Tekuk} \\ &= 15.054 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Tul X} &= \text{Jumlah Tul X} \cdot \text{Panjang tul X} \cdot \\ &\text{Berat Tul} \end{aligned}$$

$$= 12442 \text{ Kg}$$

$$\text{Panjang Tul Y} = \text{Tul Utama} + \text{Tul Tekuk}$$

$$= 42.55 \text{ m}$$

$$\text{Berat Tul Y} = \text{Jumlah Tul Y} \cdot \text{Panjang tul Y} \cdot \text{Berat Tul}$$

$$= 11936 \text{ Kg}$$

$$\text{Berat Tul X + Y bawah} = 24379 \text{ Kg}$$

$$\text{Berat Tul X + Y atas} = 8496 \text{ Kg}$$

$$\text{Berat Tul Raft} = 32875.183 \text{ Kg}$$

### **Volume Pengecoran**

$$B = 41.5 \quad \text{Mutu Beton (fc')} = 40$$

$$H = 14 \text{ m} \quad h' = 1.2 \text{ m}$$

$$\text{Volume Kotor Pengecoran} = B \times H \times h'$$

$$= 697.2 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume Tul Raft} = \frac{\text{Berat Tul. utama Raft}}{\text{Berat Jenis Besi}}$$

$$= 9.71 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume Netto Raft} = 690.98 \text{ m}^3$$

- **Volume Material Beksiting Batako**

### **Kebutuhan Batako**

$$B = 41.5 \quad \text{Luas Batako} = 0.08 \text{ m}^2$$

$$H = 14 \text{ m} \quad h' = 1.2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Bekisting Melintang} &= H \times h' \\ &= 16.8 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Batako Mellintang} &= \frac{\text{Luas Bekisting}}{\text{Luas Batako}} \times 2 \\ &= 420 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Bekisting Memanjang} &= H \times h' \\ &= 49.8 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Batako Mellintang} &= \frac{\text{Luas Bekisting}}{\text{Luas Batako}} \times 2 \\ &= 1245 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\text{Total Kebutuhan Batako} = 1665 \text{ buah}$$

## 5.4.2 Durasi dan Biaya Pekerjaan Bored Pile

### a. Pekerjaan Pengeboran

#### Data

$$\text{Jumlah Alat} = 2 \text{ buah}$$

$$\text{Diameter} = 0.6 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman} = 14 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah Bored Pile} = 161$$

#### Durasi

**Tabel 5.4** Waktu siklus pengeboran (Cycle Time)

Waktu Pengeboran 1 Bore Pile		
Pekerjaan	Waktu	
Cek Titik Bore Pile	2	menit
Persiapan Alat	2	menit
Cek Ketegakan Alat	3	menit



Pasang Casing	10	menit
Pengeboran	150	menit
Cleaning	5	menit
Instalasi Besi	8	menit
Pengecoran	20	menit
Tarik Casing	10	menit
<b>Total Waktu</b>	<b>70</b>	<b>menit</b>
	<b>3,500</b>	<b>jam</b>

Kapasitas Produksi 1 Alat/hari

- Jam Kerja 1 hari = 8 jam
- Kapasitas Produksi =  $3,500 \times 2$  (Alat)  
= 2 titik/hari
- Durasi Pekerjaan BP =  $\frac{\text{Waktu Sikllus} \times \text{Jumlah Bored P}}{\text{Jumlah Alat}}$   
= 16905 menit  
= 281.75 jam  
= 35.219hari = **36 hari**

### Perhitungan Biaya

- Upah Pekerja  
Operator alat = 2 Pekerja x 36 hari x Rp 182.00  
= Rp 13.104.000
- Biaya Alat  
Hydraulic Rotaring = 2 Unit x 36 hari x Rp 4.000.000  
= Rp. 288.000.000
- Total Biaya = Rp 13.104.000 + Rp. 288.000.000  
= Rp **301.104.000.00**

### b. Pekerjaan Pengangkutan Tanah Bor

**Data**

Volume = 637,303 m<sup>3</sup>

**Durasi**

$$\begin{aligned}
 \text{Kap. Bucket} &= 0.28 \text{ m}^3 \\
 \text{Koef. Alat} &= 0.75 \\
 \bullet Q &= 0.28 \times 0.75 \\
 &= 0.21 \text{ m}^3 \\
 \bullet \text{Waktu Siklus} &= \text{Waktu Gali} + (2 \times \text{Waktu Putar}) + \\
 &\quad \text{Waktu Buang} \\
 &= 0 + 10 + 6.5 \\
 &= 16.5 \text{ detik} \\
 \bullet \text{Durasi Angkut} &= q : \text{Waktu Siklus} \\
 &= 0.21 : 16.5 \\
 &= 0.0010 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 &= 54.54 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= \frac{637.303 \text{ m}^3}{54.54 \text{ m}^3/\text{hari}} \\
 &= \mathbf{2 \text{ hari}}
 \end{aligned}$$

### **Kebutuhan Tenaga Kerja**

Berikut merupakan kebutuhan tenaga kerja maksimal yang didapatkan dari koefisien pada HSPK:

$$\begin{aligned}
 \bullet \text{Mandor} &= \frac{0,007}{0,007} = 1 \text{ Pekerja} \\
 \bullet \text{Pembantu Tukang} &= \frac{0,226}{0,007} = 33 \text{ Pekerja} \\
 \text{Total Pekerja} &= 34 \text{ Pekerja}
 \end{aligned}$$

Jam kerja efektif 1 hari = 8 jam

Kebutuhan Tenaga Kerja dalam Pelaksanaan :

$$\begin{aligned}
 \bullet \text{Mandor} &= 1 \text{ Pekerja} = 8 \text{ jam/hari} \\
 \bullet \text{Operator Excavator} &= 1 \text{ Pekerja} = 8 \text{ jam/hari} \\
 \bullet \text{Sopir Dump Truck} &= 3 \text{ Pekerja} = 24 \text{ jam/hari} \\
 \text{Total Jam Kerja 1 Grup} &= 40 \text{ jam/hari}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan Alat :

$$\begin{aligned}
 \bullet \text{Excavator} &= 1 \text{ buah} \\
 \bullet \text{Dump Truck} &= 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

**Kebutuhan Biaya Pengangkutan**

- Upah Pekerja
  - Kepala Tukang / Mandor  
= 1 Pekerja x 2 hari x Rp 180.000  
= Rp 360.000
  - Operator *Excavator*  
= 1 Pekerja x 2 hari x Rp 182.000  
= Rp 364.000
  - Sopir *Dump Truck*  
= 3 Pekerja x 2 hari x Rp 166.000  
= Rp 996.000

Harga Total = Rp 360.000 + Rp 364.000 +  
Rp 996.000  
= Rp **1.720.000**
- Biaya Alat
  - Sewa *Excavator*  
= 1 Unit x 2 hari x Rp 1.040.000  
= Rp 2.080.000
  - Sewa *Dump Truck*  
= 4 Unit x 2 hari x Rp 500.000  
= Rp 4.000.000

Harga Total = Rp 2.080.000 + Rp  
4.000.000  
= Rp **6.080.000**
- Total Biaya = Rp 1.720.000 + Rp 6.080.000  
= Rp **7.800.000**

**c. Pekerjaan Pembesian****Data**

Jumlah Tulangan:

- Tulangan Potong
  - D22 = 2427

- D10 = 1487
- Tulangan Bengkok
  - D22 = 1932
  - D10 = 161
- Tulangan Kait
  - D19 = 0
  - D10 = 0
- Tulangan Pasang
  - D19 = 2427
  - D10 = 1487

### **Durasi**

Jam kerja tiap 100 fabrikasi dalam 100 pasang:

- Potongan
  - D22 = 2 jam/100
  - D10 = 2 jam/100
- Bengkokan
  - D22 = 1,5 jam/100
  - D10 = 1,15 jam/100
- Kaitan
  - D22 = 2,3 jam/100
  - D10 = 1,85 jam/100
- Pemasangan
  - D22 = 9,5 jam/100
  - D10 = 8 jam/100

### **Kebutuhan Tenaga Kerja**

Berikut merupakan kebutuhan tenaga kerja maksimal yang didapatkan dari koefisien pada HSPK:

- Mandor =  $0,0007 \text{ OH} = \frac{0,0007 \text{ OH}}{0,0007 \text{ OH}} = 1 \text{ orang}$
- Tukang =  $0,007 \text{ OH} = \frac{0,007 \text{ OH}}{0,0007 \text{ OH}} = 10 \text{ Orang}$
- Pembantu tukang =  $0,007 \text{ OH} = \frac{0,007 \text{ OH}}{0,0007 \text{ OH}} = 10 \text{ Orang}$

Jumlah pekerja yang digunakan dalam pelaksanaan:

- Mandor = 1 pekerja
- Tukang Fabrikasi = 5 pekerja
- Pembantu Tukang Fabrikasi = 5 pekerja
- Tukang Pemasangan = 5 pekerja
- Pembantu Tukang Pemasangan = 5 pekerja

Jam kerja efektif dalam 1 hari = 8 jam

- Mandor =  $1 \times 8 \text{ jam/hari} = 8 \text{ jam/hari}$
- Tukang Fabrikasi =  $5 \times 8 \text{ jam/hari} = 40 \text{ jam/hari}$
- Pembantu Tukang Fabrikasi =  $5 \times 8 \text{ jam/hari} = 40 \text{ jam/hari}$
- Tukang Pemasangan =  $5 \times 8 \text{ jam/hari} = 40 \text{ jam/hari}$
- Pembantu Tukang Pemasangan =  $5 \times 8 \text{ jam/hari} = 40 \text{ jam/hari}$

Dalam pelaksanaannya pekerjaan pembesian *borepile* membutuhkan 1 grup, dimana dalam pekerjaan fabrikasi (potong, kait, bengkok) menggunakan 5 tukang dan 5 pembantu tukang. Sedangkan dalam pekerjaan pemasangan menggunakan 1 mandor, 5 tukang dan 5 pembantu tukang. Sehingga:

- Total jam kerja fabrikasi = 80 jam/hari
- Total jam kerja pemasangan = 88 jam/hari

Produktivitas Kerja 1 grup

$$\frac{\text{Total jam kerja (fabrikasi/pasang)}}{\text{jam kerja tiap 100 (fabrikasi/pasang)}} \times 100 \text{ buah}$$

• D22

- Pemotongan = 4000 buah/hari

- Pembengkakan = 5333 buah/hari
- Kaitan = 3478 buah/hari
- Pemasangan = 926 buah/hari
- D10
  - Pemotongan = 4000 buah/hari
  - Pembengkakan = 6957 buah/hari
  - Kaitan = 4324 buah/hari
  - Pemasangan = 1100 buah/hari
  -

### **Kebutuhan Jam Kerja dalam Pelaksanaan**

- Pemotongan
 
$$\frac{\Sigma \text{Potong Tul. Utama}}{1600 \text{ buah/hari}} + \frac{\Sigma \text{Potong Tul. Senggang}}{1600 \text{ buah/hari}}$$

$$= \frac{2427 \text{ buah}}{1600 \text{ buah/hari}} + \frac{1487 \text{ buah}}{1600 \text{ buah/hari}}$$

$$= 0,978 \text{ hari}$$
- Pembengkakan
 
$$\frac{\Sigma \text{Bengkok Tul. Utama}}{2133 \text{ buah/hari}} + \frac{\Sigma \text{Bengkok Tul. Senggang}}{2783 \text{ buah/hari}}$$

$$= \frac{1932 \text{ buah}}{5333 \text{ buah/hari}} + \frac{161 \text{ buah}}{6957 \text{ buah/hari}}$$

$$= 0,385 \text{ hari}$$
- Kaitan
 
$$\frac{\Sigma \text{Kait Tul. Utama}}{1391 \text{ buah/hari}} + \frac{\Sigma \text{Kait Tul. Senggang}}{1730 \text{ buah/hari}}$$

$$= \frac{0 \text{ buah}}{1391 \text{ buah/hari}} + \frac{0 \text{ buah}}{1730 \text{ buah/hari}}$$

$$= 0 \text{ hari}$$
- Pemasangan
 
$$\frac{\Sigma \text{Pasang Tul. Utama}}{926 \text{ buah/hari}} + \frac{\Sigma \text{Pasang Tul. Senggang}}{1100 \text{ buah/hari}}$$

$$= \frac{2427 \text{ buah}}{926 \text{ buah/hari}} + \frac{1487 \text{ buah}}{1100 \text{ buah/hari}}$$

$$= 3.971 \text{ hari}$$

$\Sigma$  Durasi Total Fabrikasi = 1.364hari  $\approx$  2 hari

$\Sigma$  Durasi Total Pemasangan = 3.971 hari  $\approx$  4 hari

### Perhitungan biaya

- Harga Material
  - Besi Beton Ulir (BJTD-40)
    - = 97890.730 kg x Rp 8.500
    - = Rp 832,071,567.34
  - Kawat Pengikat (8% Besi Beton)
    - = 7831.258kg x Rp 15.000
    - = Rp 117,468,875.65

$$\text{Harga Total} = \text{Rp}881,016,567.34 +$$

$$\text{Rp}117,468,875.65$$

$$= \text{Rp } \mathbf{999,485,442.99}$$

- Upah Pekerja
  - Mandor
    - = 1 Pekerja x 4 hari x Rp 180.000
    - = Rp 720.000
  - Tukang Fabrikasi
    - = 5 Pekerja x 2 hari x Rp 165.000
    - = Rp 1.650.000
  - Pembantu Tukang Fabrikasi
    - = 5 Pekerja x 2 hari x Rp 155.000
    - = Rp 1.550.000
  - Tukang Pemasangan
    - = 5 Pekerja x 4 hari x Rp 165.000
    - = Rp 3.300.000
  - Pembantu Tukang Pemasangan
    - = 5 Pekerja x 4 hari x Rp 155.000

$$= \text{Rp } 3.100.000$$

$$\begin{aligned} \text{Harga Total} &= \text{Rp } 720.000 + \text{Rp } 1.650.000 + \\ &\quad \text{Rp } 1.550.000 + \text{Rp } 3.300.000 + \\ &\quad \text{Rp } 3.100.000 \\ &= \text{Rp } \mathbf{10.320.000} \end{aligned}$$

- Biaya Alat
  - *Bar Bender*

$$= 1 \text{ Unit} \times 2 \text{ hari} \times \text{Rp } 120.000$$

$$= \text{Rp } 240.000$$
  - *Bar Cutter*

$$= 1 \text{ Unit} \times 2 \text{ hari} \times \text{Rp } 120.000$$

$$= \text{Rp } 240.000$$

$$\begin{aligned} \text{Harga Total} &= \text{Rp } 240.000 + \text{Rp } 240.000 \\ &= \text{Rp } \mathbf{480.000} \end{aligned}$$

- Total Biaya = Rp 998,485,442.99 +  
Rp 6.570.000 + Rp 240.000  
= Rp **960.340.078**

#### d. Pekerjaan Pengecoran

##### Data

- Volume Beton = 624,83 m<sup>3</sup>
- Efisiensi Kerja (EK)
  - Faktor Alat = 0,75
  - Faktor Operator = 0,80
  - Faktor Cuasa = 0,85
- Spesifikasi Alat
  - Concrete Pump
  - Tipe Alat = **Kyokuto 90-17 Concrete Boom Pump**
  - Jumlah Alat = 2 buah
  - Delivery Capacity = 90 m<sup>3</sup>/jam



$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas Produksi} &= \text{Delivery Capacity} \times \text{EK} \\
 &= 90 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,51 \\
 &= 45,9 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Truck Mixer

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas Alat} &= 10 \text{ m}^3 \\
 \text{Kebutuhan} &= \frac{\text{Volume Beton}}{\text{Kapasitas Truck Mixer}} \\
 &= \frac{624.83 \text{ m}^3}{10 \text{ m}^3} \\
 &= 63 \text{ truck}
 \end{aligned}$$

**Durasi**

- Durasi Persiapan
  - Pengaturan Posisi = 5 menit
  - Pemasangan Pompa = 15 menit
  - Pemasangan mesin = 15 menit
  - Pergantian antar Truck = Jumlah Truck x Waktu Tiap Truck  
= 63 truck x 5 menit = 315 menit
  - Waktu Pengujian Slump = Jumlah Truck x Waktu Tiap Truck  
= 63 truck x 5 menit = 315 menit

Total = 455 menit

- Durasi Operasional Pengecoran
 
$$\begin{aligned}
 \text{Durasi} &= \frac{\text{Volume Pengecoran}}{\text{Kapasitas Produksi} \times \text{Jumlah Alat}} \\
 &= \frac{624.83 \text{ m}^3}{45.9 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2} \\
 &= 6.806 \text{ jam} \\
 &= 408.388 \text{ menit}
 \end{aligned}$$
- Durasi Pelaksanaan
  - Pembersihan Pompa = 10 menit

- Pembongkaran Pompa = 15 menit
- Perpindahan Alat = 5 menit
- Persiapan Kembali = 5 menit

Total = 35 menit

- Durasi Total  
 Jam kerja efektif 1 hari = 8 jam  
 Durasi Total = Durasi Persiapan + Durasi  
 Operasional Pengecoran + Durasi  
 Pasca Pelaksanaan  
 = 665 + 408.388 + 35  
 = 1108.388 menit  
 = 18.473 jam  $\approx$  3 hari

### **Kebutuhan Tenaga Kerja**

Berikut merupakan kebutuhan tenaga kerja maksimal yang didapatkan dari koefisian pada HSPK:

- Mandor =  $0,005 \text{ OH} = \frac{0,005 \text{ OH}}{0,005 \text{ OH}} = 1 \text{ orang}$
- Tukang =  $0,1 \text{ OH} = \frac{0,1 \text{ OH}}{0,005 \text{ OH}} = 20 \text{ Orang}$
- Pembantu tukang =  $0,1 \text{ OH} = \frac{0,1 \text{ OH}}{0,005 \text{ OH}} = 20 \text{ Orang}$

Jumlah pekerja yang digunakan dalam pelaksanaan:

- Mandor = 1 pekerja
- Tukang = 3 pekerja
- Pembantu tukang = 4 pekerja

### **Perhitungan Biaya**

- Harga Material
  - Beton Ready Mix Varia Usaha Gresik  
 = 624.833 m<sup>3</sup> x Rp 930.000

= Rp **581.094.996.74**

- Upah Pekerja
  - Mandor
    - = 1 Pekerja x 3 hari x Rp 180.000
    - = Rp 540.000
  - Tukang
    - = 3 Pekerja x 3 hari x Rp 165.000
    - = Rp 1.485.000
  - Pembantu Tukang
    - = 4 Pekerja x 3 hari x Rp 155.000
    - = Rp 1.860.000

Harga Total = Rp 540.000 + Rp 1.485.000 +  
 Rp 1.860.000  
 = Rp **3.885.000**

- Biaya Alat
  - *Concrete Pump*
    - = 2 Unit x 3 hari x Rp 3.500.000
    - = Rp 21.000.000
  - *Concrete Vibrator*
    - = 3 Unit x 3 hari x Rp 400.000
    - = Rp 3.600.000
  - *Air Compressor*
    - = 1 Unit x Rp 8.800.000
    - = Rp 8.800.000

Harga Total = Rp 21.000.000 + Rp 3.600.000 +  
 Rp 8.800.000  
 = Rp **33.400.000**

- Total Biaya = Rp 581,094,996.74 +  
 Rp2,472,000.00 +  
 Rp33,400,000.00

= Rp 618.379.996

### 5.3.4 Durasi dan Biaya Pekerjaan Raft

#### a. Galian Raft

##### Data

Volume = 697,200 m<sup>3</sup>

##### Durasi

Kap. Bucket = 0.28 m<sup>3</sup>

Koef. Alat = 0.75

• Q = 0.28 x 0.75  
= 0.21 m<sup>3</sup>

• Waktu Siklus = Waktu Gali + (2 x Waktu Putar) +  
Waktu Buang  
= 9 + 10 + 6.5  
= 25.5 detik

• Durasi Galian = q : Waktu Siklus  
= 0.21 : 25.5  
= 0.00824 m<sup>3</sup>/detik  
= 29.65 m<sup>3</sup>/jam  
= 237.18 m<sup>3</sup>/hari  
=  $\frac{697.200 \text{ m}^3}{237.18 \text{ m}^3/\text{hari}}$   
= **3 hari**

##### Kebutuhan Tenaga Kerja

Berikut merupakan kebutuhan tenaga kerja maksimal yang didapatkan dari koefisien pada HSPK:

- Mandor =  $\frac{0,007}{0,007}$  = 1 Pekerja
- Pembantu Tukang =  $\frac{0,226}{0,007}$  = 33 Pekerja
- Total Pekerja = 34 Pekerja

Jam kerja efektif 1 hari = 8 jam

Kebutuhan Tenaga Kerja dalam Pelaksanaan :

- Mandor = 1 Pekerja = 8 jam/hari
  - Operator *Excavator* = 1 Pekerja = 8 jam/hari
  - Sopir *Dump Truck* = 3 Pekerja = 24 jam/hari
- Total Jam Kerja 1 Grup = 40 jam/hari

Kebutuhan Alat :

- *Excavator* = 1 buah
- *Dump Truck* = 3 buah

**Kebutuhan Biaya Galian Tanah**

- Upah Pekerja
  - Kepala Tukang / Mandor  
= 1 Pekerja x 3 hari x Rp 180.000  
= Rp 540.000
  - Operator *Excavator*  
= 1 Pekerja x 3 hari x Rp 180.000  
= Rp 546.000
  - Sopir *Dump Truck*  
= 3 Pekerja x 3 hari x Rp 166.000  
= Rp 1.494.000

Harga Total = Rp 540.000 + Rp 546.000 +  
Rp 1.494.000  
= Rp **2.580.000**
- Biaya Alat
  - Sewa *Excavator*  
= 1 Unit x 3 hari x Rp 1.040.000  
= Rp 3.120.000
  - Sewa *Dump Truck*  
= 3 Unit x 3 hari x Rp 500.000  
= Rp 4.500.000

Harga Total = Rp 3.120.000 + Rp  
4.500.000  
= Rp **7.620.000**

- Total Biaya = Rp 1.710.000 + Rp 7.620.000  
= Rp **9.330.000**

## b. Lantai Kerja Raft

### Data

Volume Urugan	= 29.05 m <sup>3</sup>
Urugan	
Kap. Bucket	= 0,28 m <sup>3</sup>
Koef. Alat	= 0,75

### Durasi

- Q = 0.28 x 0.75  
= 0.21 m<sup>3</sup>
- Waktu Siklus = Waktu Gali + (2 x Waktu Putar) +  
Waktu Buang  
= 9 + 10 + 6.5  
= 25.5 detik
- Durasi Galian = q : Waktu Siklus  
= 0.21 : 25.5  
= 0.006 m<sup>3</sup>/detik  
= 22.235 m<sup>3</sup>/jam  
= 237.18 m<sup>3</sup>/hari  
=  $\frac{29.050 \text{ m}^3}{22.23 \text{ m}^3/\text{jam}}$   
= **1 hari**

### Kebutuhan Tenaga Kerja

Berikut merupakan kebutuhan tenaga kerja maksimal yang didapatkan dari koefisian pada HSPK:

- Mandor =  $\frac{0,01}{0,01}$  = 1 Pekerja
  - Pembantu Tukang =  $\frac{0,3}{0,01}$  = 30 Pekerja
- Total Pekerja = 31 Pekerja

Jam kerja efektif 1 hari = 8 jam

Kebutuhan Tenaga Kerja dalam Pelaksanaan :

- Mandor = 1 Pekerja = 8 jam/hari
- Operator *Excavator* = 1 Pekerja = 8 jam/hari
- Total Jam Kerja 1 Grup = 16 jam/hari

Kebutuhan Alat :

- *Excavator* = 1 buah

### **Kebutuhan Biaya Urugan Pasir Lantai Kerja**

- Harga Bahan  
Pasir Urug  
= 29,05 m<sup>3</sup> x Rp 200.000  
= Rp **5.810.000**
  - Upah Pekerja  
Kepala Tukang / Mandor  
= 1 Pekerja x 1 hari x Rp 180.000  
= Rp 180.000,-  
Operator *Excavator*  
= 1 Pekerja x 1 hari x Rp 182.000  
= Rp 182.000  
Harga Total = Rp 180.000 + Rp 182.000  
= Rp **362.000**
  - Biaya Alat  
Sewa *Excavator*  
= 1 Unit x 1 hari x Rp 1.040.000  
= Rp **1.040.000**
- Total Biaya = Rp 5.810.000 + Rp 362.000 +  
Rp 1.040.000  
= Rp **7.212.000**

### c. Bekisting Batako

Volume = 133.2 m<sup>2</sup>  
 Ukuran Batako = 0.4 x 0.2 x 0.1 m  
 Kebutuhan Batako = 1665 buah

#### Durasi

$$\begin{aligned} \text{Pemasangan Batako} &= \frac{1665 \text{ buah}}{2134 \text{ buah/hari}} \\ &= 0.78 \text{ hari} \\ &= \mathbf{1 \text{ hari}} \end{aligned}$$

#### Kebutuhan Tenaga Kerja

Berikut merupakan kebutuhan tenaga kerja maksimal yang didapatkan dari koefisien pada HSPK:

- Mandor =  $\frac{0,02}{0,02}$  = 1 Pekerja
- Tukang =  $\frac{0,2}{0,02}$  = 10 Pekerja
- Pembantu Tukang =  $\frac{0,6}{0,02}$  = 30 Pekerja
- Total Pekerja = 41 Pekerja

Jam kerja efektif 1 hari = 8 jam

Kebutuhan Tenaga Kerja dalam Pelaksanaan :

- Mandor = 1 Pekerja = 8 jam/hari
- Tukang = 4 Pekerja = 32 jam/hari
- Pembantu Tukang = 6 Pekerja = 48 jam/hari
- Total Jam Kerja 1 Grup = 88 jam/hari

#### Kebutuhan Biaya Bekisting Batako

- Harga Bahan  
 Batako  
 = 1665 buah x Rp 2.450  
 = Rp 4.079.250  
 Semen Portland



$$\begin{aligned}
 &= 9 \text{ zak} \times \text{Rp } 52.000 \\
 &= \text{Rp } 468.000 \\
 \text{Pasir Pasang} \\
 &= 9 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 250.000 \\
 &= \text{Rp } 250.000 \\
 \text{Harga Total} &= \text{Rp } 4.079.250 + \text{Rp } 468.000 + \\
 &\quad \text{Rp } 250.000 \\
 &= \text{Rp } \mathbf{4.797.250}
 \end{aligned}$$

- Upah Pekerja
  - Kepala Tukang / Mandor
    - = 1 Pekerja x 1 hari x Rp 180.000
    - = Rp 120.000,-
  - Tukang
    - = 4 Pekerja x 1 hari x Rp 165.000
    - = Rp 660.000
  - Pembantu Tukang
    - = 6 Pekerja x 1 hari x Rp 155.000
    - = Rp 930.000
  - Harga Total = Rp 120.000 + Rp 660.000 +  
Rp 930.000  
= Rp **1.770.000**
- Biaya Alat
  - Sewa *Molen*
    - = 1 Unit x 1 hari x Rp 250.000
    - = Rp 250.000
  - Kereta Dorong
    - = 2 unit x Rp 585.000
    - = Rp 1.170.000
  - Trowel
    - = 5 unit x Rp 22.000
    - = Rp 110.000
  - Harga Total = Rp 250.000+ Rp 1.170.000 +  
Rp 110.000  
= Rp **1.530.000**

$$\begin{aligned}
 \text{Total Biaya} &= \text{Rp } 4.797.250 + \text{Rp } 1.770.000 + \\
 &\text{Rp } 1.530.000 \\
 &= \text{Rp } \mathbf{8.097.250}
 \end{aligned}$$

#### d. Pembesian Raft

##### Data

- Tul 12 m = 1118 buah
- Tul 3-6 m = 1643 buah

##### Produktivitas Pekerja

- Tul 12 m = 1263 buah/hari
- Tul 3-6 m = 1655 buah/hari

##### Durasi

Jam kerja tiap 100 fabrikasi dalam 100 pasang:

- Potongan
  - DD22 = 2 jam/100
- Bungkakan
  - DD22 = 1,5 jam/100
- Kaitan
  - DD22 = 2,3 jam/100
- Pemasangan
  - D22 = 5,75 jam/100  
3 - 6 m
  - D22 = 7,25 jam/100  
6 - 9 m
  - D13&D22 = 8,25 jam/100

##### Kebutuhan Tenaga Kerja

Berikut merupakan kebutuhan tenaga kerja maksimal yang didapatkan dari koefisien pada HSPK:

- Mandor =  $0,0007 \text{ OH} = \frac{0,0007 \text{ OH}}{0,0007 \text{ OH}} = 1 \text{ orang}$
- Tukang =  $0,007 \text{ OH} = \frac{0,007 \text{ OH}}{0,0007 \text{ OH}} = 10 \text{ Orang}$

$$\text{- Pembantu tukang} = 0,007 \text{ OH} = \frac{0,007 \text{ OH}}{0,0007 \text{ OH}} = 10 \text{ Orang}$$

Jumlah pekerja yang digunakan dalam pelaksanaan:

- Mandor = 1 pekerja
- Tukang Fabrikasi = 7 pekerja
- Pembantu Tukang Fabrikasi = 7 pekerja
- Tukang Pemasangan = 5 pekerja
- Pembantu Tukang Pemasangan = 5 pekerja

Jam kerja efektif dalam 1 hari = 8 jam

- Mandor =  $1 \times 8 \text{ jam/hari} = 8 \text{ jam/hari}$
- Tukang Fabrikasi =  $5 \times 8 \text{ jam/hari} = 40 \text{ jam/hari}$
- Pembantu Tukang Fabrikasi =  $5 \times 8 \text{ jam/hari} = 40 \text{ jam/hari}$
- Tukang Pemasangan =  $7 \times 8 \text{ jam/hari} = 56 \text{ jam/hari}$
- Pembantu Tukang Pemasangan =  $7 \times 8 \text{ jam/hari} = 56 \text{ jam/hari}$

Dalam pelaksanaannya pekerjaan pembesian *borepile* membutuhkan 1 grup, dimana dalam pekerjaan fabrikasi (potong, kait, bengkok) menggunakan 5 tukang dan 5 pembantu tukang. Sedangkan dalam pekerjaan pemasangan menggunakan 1 mandor, 7 tukang dan 7 pembantu tukang. Sehingga:

- Total jam kerja fabrikasi = 80 jam/hari
- Total jam kerja pemasangan = 120 jam/hari

Produktivitas Kerja 1 grup

$$\frac{\text{Total jam kerja (fabrikasi/pasang)}}{\text{jam kerja tiap 100 (fabrikasi/pasang)}} \times 100 \text{ buah}$$

- D22
  - Pemetongan = 4000 buah/hari
  - Pembengkakan = 5333 buah/hari
  - Kaitan = 3478 buah/hari
  - Pemasangan < 3m = 2087 buah/hari
  - Pemasangan 3m-6m = 1655 buah/hari
  - Pemasangan 6m-9m = 1263 buah/hari

### **Kebutuhan Jam Kerja dalam Pelaksanaan**

- Pemasangan <3
 
$$\frac{\Sigma \text{ Pasang Tul. Utama}}{926 \text{ buah/hari}}$$

$$= \frac{0 \text{ buah}}{926 \text{ buah/hari}}$$

$$= 0 \text{ hari}$$
- Pemasangan 3m – 6m
 
$$\frac{\Sigma \text{ Pasang Tul. Utama}}{1655 \text{ buah/hari}}$$

$$= \frac{1643 \text{ buah}}{1655 \text{ buah/hari}}$$

$$= 0.448 \text{ hari}$$
- Pemasangan 6m – 9m
 
$$\frac{\Sigma \text{ Pasang Tul. Utama}}{1263 \text{ buah/hari}}$$

$$= \frac{1118 \text{ buah}}{1263 \text{ buah/hari}}$$

$$= 0.885 \text{ hari}$$

$\Sigma$  Durasi Total Pemasangan = 1.333 hari  $\approx$  2 hari

**Perhitungan biaya**

- Harga Material
  - Besi Beton Ulir (BJTD-40)
    - = 59507.671 kg x Rp 8.500
    - = Rp 505.815.204
  - Kawat Pengikat (8% Besi Beton)
    - = 4760.614 kg x Rp 15.000
    - = Rp 71.409.205

$$\begin{aligned} \text{Harga Total} &= \text{Rp } 505.815.204 + \\ &\quad \text{Rp } 71.409.205 \\ &= \text{Rp } \mathbf{577.224.409} \end{aligned}$$

- Upah Pekerja
  - Mandor
    - = 1 Pekerja x 2 hari x Rp 180.000
    - = Rp 360.000
  - Tukang Pemasangan
    - = 7 Pekerja x 2 hari x Rp 165.000
    - = Rp 2.310.000
  - Pembantu Tukang Pemasangan
    - = 7 Pekerja x 2 hari x Rp 155.000
    - = Rp 2.170.000

$$\begin{aligned} \text{Harga Total} &= \text{Rp } 360.000 + \text{Rp } 2.310.000 + \\ &\quad \text{Rp } 2.170.000 \\ &= \text{Rp } \mathbf{4.840.000} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Biaya} &= \text{Rp } 577.224.409 + \\ &\quad \text{Rp } 4.840.000 \\ &= \text{Rp } \mathbf{582.064.409} \end{aligned}$$

**e. Pengecoran Raft****Data**

- Volume Beton = 689,751 m<sup>3</sup>
- Efisiensi Kerja (EK)

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor Alat} &= 0,75 \\
 \text{Faktor Operator} &= 0,80 \\
 \text{Faktor Cuasa} &= 0,85 \\
 - \text{Spesifikasi Alat} \\
 &\underline{\text{Concrete Pump}} \\
 \text{Tipe Alat} &= \text{Kyokuto 90-17 Concrete Boom Pump} \\
 \text{Jumlah Alat} &= 1 \text{ buah} \\
 \text{Delivery Capacity} &= 90 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Kapasitas Produksi} &= \text{Delivery Capacity} \times \text{EK} \\
 &= 90 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,51 \\
 &= 45,9 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

#### Truck Mixer

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas Alat} &= 10 \text{ m}^3 \\
 \text{Kebutuhan} &= \frac{\text{Volume Beton}}{\text{Kapasitas Truck Mixer}} \\
 &= \frac{689.751 \text{ m}^3}{10 \text{ m}^3} \\
 &= 70 \text{ truck}
 \end{aligned}$$

### **Durasi**

- Durasi Persiapan
  - Pengaturan Posisi = 5 menit
  - Pemasangan Pompa = 15 menit
  - Pemasangan mesin = 15 menit
  - Pergantian antar Truck = Jumlah Truck x Waktu Tiap Truck  
= 70 truck x 5 menit = 350 menit
  - Waktu Pengujian Slump = Jumlah Truck x Waktu Tiap Truck  
= 70 truck x 5 menit = 350 menit

Total = 735 menit

- Durasi Operasional Pengecoran

$$\begin{aligned}
 \text{Durasi} &= \frac{\text{Volume Pengecoran}}{\text{Kapasitas Produksi} \times \text{Jumlah Alat}} \\
 &= \frac{689.751 \text{ m}^3}{45.9 \text{ m}^3/\text{jam}} \\
 &= 15.1 \text{ jam} \\
 &= 905.987 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

- Durasi Pelaksanaan
  - Pembersihan Pompa = 10 menit
  - Pembongkaran Pompa = 15 menit
  - Perpindahan Alat = 5 menit
  - Persiapan Kembali = 5 menit

Total = 35 menit

- Durasi Total
  - Jam kerja efektif 1 hari = 8 jam
  - Durasi Total = Durasi Persiapan + Durasi Operasional Pengecoran + Durasi Pasca Pelaksanaan
  - = 735 + 905.987 + 35
  - = 1675.242 menit
  - = 27.93 jam  $\approx$  2 hari

### **Kebutuhan Tenaga Kerja**

Berikut merupakan kebutuhan tenaga kerja maksimal yang didapatkan dari koefisien pada HSPK:

- Mandor =  $0,005 \text{ OH} = \frac{0,035 \text{ OH}}{0,035 \text{ OH}} = 1 \text{ orang}$
- Tukang =  $0,1 \text{ OH} = \frac{0,35 \text{ OH}}{0,035 \text{ OH}} = 10 \text{ Orang}$
- Pembantu tukang =  $0,1 \text{ OH} = \frac{2,1 \text{ OH}}{0,035 \text{ OH}} = 60 \text{ Orang}$

Jumlah pekerja yang digunakan dalam pelaksanaan:

- Mandor = 1 pekerja
- Tukang = 2 pekerja
- Pembantu tukang = 4 pekerja

### **Perhitungan Biaya**

- Harga Material
  - Beton Ready Mix Varia Usaha Gresik  
 =  $689.751 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 930.000$   
 = Rp **641.468.076**
- Upah Pekerja
  - Mandor  
 = 1 Pekerja x 2 hari x Rp 180.000  
 = Rp 360.000
  - Tukang  
 = 2 Pekerja x 2 hari x Rp 165.000  
 = Rp 660.000
  - Pembantu Tukang  
 = 4 Pekerja x 2 hari x Rp 155.000  
 = Rp 1.240.000

Harga Total = Rp 360.000 + Rp 660.000 +  
 Rp 1.240.000  
 = Rp **2.260.000**
- Biaya Alat
  - *Concrete Pump*  
 = 1 Unit x 2 hari x Rp 3.500.000  
 = Rp 7.000.000
  - *Concrete Vibrator*  
 = 2 Unit x 2 hari x Rp 400.000  
 = Rp 1.600.000

Harga Total = Rp **641.468.076** + Rp **2.260.000** +  
 Rp **8.600.000**  
 = Rp **652.328.076**



### 5.4.3 Rencana Anggaran Biaya

**Tabel 5.5** Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

No	Item Pekerjaan	Rekapitulasi Biaya
a	b	c
<b>Bored Pile</b>		
1	Pengeboran	IDR 301,104,000.00
2	Pembesian	IDR 960,340,078.14
3	Pengecoran	IDR 618,379,996.02
4`	Pengangkutan Tanah	IDR 7,800,000.00
<b>Galian + Urugan</b>		
1	Galian	IDR 10,200,000.00
2	Lantai Kerja	IDR 7,212,000.00
<b>Bekisting Batako</b>		
1	Batako 40x20x10	IDR 8,097,250.00
<b>Raft</b>		
1	Pembesian	IDR 582,064,409.95
2	Pengecoran	IDR 652,328,076.57
<b>Jumlah Biaya Total</b>		<b>IDR 3,139,725,810.68</b>
<b>Biaya Total Provit dan Overhead 15%</b>		<b>IDR 3,610,684,682.28</b>

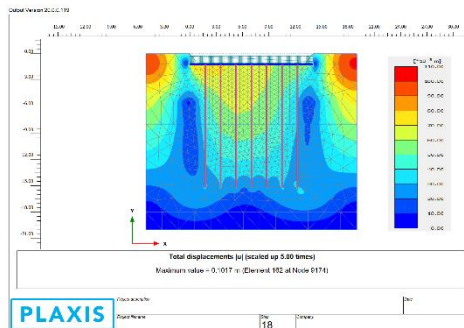
## BAB VI

### PENUTUP

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil permodelan pada program geo5 dan plaxis 2D yang telah dilakukan, dapat disimpulkan dengan beberapa pernyataan dibawah:

1. Pondasi raft dirancang memiliki ketebalan 1.2 m dan memiliki dimensi 41.5 x 14 m. Untuk menahan gaya yang terjadi pada pondasi raft dipasang tulangan dengan diameter 22 mm dan jarak 150 mm dan tulangan dengan diameter 22 mm dan jarak 150 mm. Untuk menahan gaya geser di pasang tulangan dengan diameter 22 mm dan jarak 500 mm. Sedangkan untuk bored pile dirancang memiliki kedalaman 14 m dengan diameter bored pile sebesar 0.6 m dan memiliki jarak antar pile 1.75 m. Untuk menahan gaya yang terjadi bored pile dipasang tulangan longitudinal sebanyak 12D22 dan tulangan transversal sebesar 10mm jarak 200mm.
2. Hasil dari permodelan *bored pile* pada geo5 didapatkan bahwa pile memiliki daya dukung sebesar 3828 kN
3. Setelah dilakukan permodelan pondasi *pile raft* pada plaxis2D diketahui penurunan yang terjadi sebesar 7 cm < 15 cm (OK)



### **Gambar 6.1** Hasil Permodelan pada Pondasi Pile Raft

4. Diketahui beda penurunan ujung kanan dan kiri *bored pile* yang terjadi pada Plaxis 2D sebesar 0.01541 m < 0.018 m (OK)
5. Metode pelaksanaan dari pekerjaan pondasi pile raft yaitu: 1. Pekerjaan Pembersihan Lahan, 2. Pemasangan Bouwplank, 3. Pengukuran oleh Surveyor, 4. Pekerjaan Pengeboran, 5. Pekerjaan Pembesian *Bored Pile*, 6. Pekerjaan Pengecoran, 7. Pekerjaan Galian dan Pemotongan Bored Pile, 8. Pekerjaan Lantai Kerja, 9. Pekerjaan Bekisting, 10. Pekerjaan Pembesian Raft, Pekerjaan Pengecoran *Raft*.
6. Durasi pelaksanaan pekerjaan pondasi *pile raft* yang dibutuhkan adalah selama 54 hari.
7. Rencana Anggaran biaya yang dibutuhkan pada pekerjaan pondasi *pile raft* sebanyak IDR. 3,610,684,682.28

## **6.2 Saran**

Berdasarkan hasil kesimpulan yang telah dilakukan, disarankan :

1. Permodelan pondasi *pile raft* perlu dilakukan dengan program bantu plaxis 3D agar didapatkan hasil yang akurat dan dapat menyerupai kondisi lapangan sesungguhnya.
2. Diperlukan harga material yang lebih detail. Sehingga dapat dihitung biaya yang mendekati di daerah Surabaya.

**TINJAUAN PUSTAKA**

- Nasional, Badan Standarisasi.** 2017. *SNI 2052:2017. Baja Tulangan Beton.* Jakarta.
- Nasional, Badan Standarisasi.** 2012. *SNI 1726:2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung.* Jakarta.
- Nasional, Badan Standarisasi.** 2013. *SNI 2847:2013. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.* Jakarta.
- Nasional, Badan Standarisasi.** 2017. *SNI 8460:2017. Persyaratan Perancangan Geoteknik.* Jakarta.
- Brinkgreve, J. n.d.** “Plaxis Manual Book.”
- Das, Braja M.** 1995. *Mekanika Tanah.* Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- Joseph E. Bowles.** 1997. *Analisa Dan Desain Pondasi.* Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- Das, Baraja M.** 2002. *Mekanika Tanah.* Jilid 2. Jakarta: Erlangga.
- Das, Baraja M.** 1984. *Principles of Foundation Engineering 7<sup>th</sup> Edition.* Jilid 7. America: Cengage Learning.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Ilham Pradana Kusuma. Lahir di Nganjuk pada tanggal 22 Desember 1997. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Ganung Kidul 1, SMPN 1 Nganjuk dan SMA Negeri 2 Nganjuk. Setelah lulus SMA pada tahun 2016, penulis mengikuti ujian masuk Diploma IV ITS dan diterima di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil dan terdaftar dengan NRP 10111610013020. Penulis juga pernah aktif dalam kegiatan kemahasiswaan sebagai staff Ketua *Berau D'vil Mania* HMDS 2017-2017 dan Ketua *Berau D'vil Mania* HMDS 2018-2019. Selain itu penulis juga aktif dalam beberapa kepanitian jurusan. Pada tahun 2018, penulis mendapatkan penghargaan Gold Medal Kaohsiung International Inovation & Design. Penulis sempat mengikuti kegiatan kerja praktek di PT. PP Tbk pada proyek pembangunan apartemen Gunawangsa Gresik, Jawa Timr. Penulis dapat dihubungi melalui email : [ilhampcp@yahoo.co.id](mailto:ilhampcp@yahoo.co.id)

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

**LAMPIRAN**





Testana Engineering, Inc.

# A.2.1. BORING LOG

BOREHOLE #: **DB - 1**

PROJECT : Gunawangsa Apartment. DATE OF TEST : 22 & 23 July 2017 GROUND WATER LEVEL : Not detected.  
 LOCATION : Jl. Veteran, Gresik. BORING DEPTH : 20.0 m GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m.

DEPTH, m,	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST		STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS				γ	Gs	eo
		TYPE	C	qu	0	20	40	60	80	100			
0 - 1	Limestone, yellowish light brown, having gradation of silt, sand and gravel, medium to very dense	QT	0.15	37	19	23	32			1.95	2.60	0.64	
1 - 2		UU	0.60	23	22	24	28			1.88	2.67	0.76	
2 - 3													
3 - 4													
4 - 5	Silt and clay, light grey, trace to some fine sand, medium to dense				18	29	29	31					
5 - 6													
6 - 7													
7 - 8													
8 - 9													
9 - 10													
10 - 11													
11 - 12													
12 - 13													
13 - 14													
14 - 15	Cemented clay, grey, contain cobble, hard consistency												
15 - 16													
16 - 17													
17 - 18	Clay and silt, grey, trace of sand, very stiff consistency												
18 - 19													
19 - 20	End of Boring												

NOTE:

- 0 to 10 % = Trace
- 10 to 20 % = Little
- 20 to 35 % = Some
- 35 to 50 % = And
- = Fairly UDS
- ▣ = Undisturbed sample
- C = Cohesion intercept, kg/cm<sup>2</sup>
- φ = Internal friction angle, deg
- UU = Unconsolidated undrained
- CU = Consolidated undrained
- CD = Consolidated drained
- SPT = Standard penetration test (blows / ft)
- UCT = Unconfined compression strength, kg/cm<sup>2</sup>
- UCS = Point Load Test, kg/cm<sup>2</sup>
- O = Moisture content, %
- = Plastic limit, %
- Δ = Liquid limit, %
- γ = Bulk density, t/m<sup>3</sup>
- Gs = Specific gravity
- eo = Void ratio



Testana Engineering, Inc.

### A.2.6. BORING LOG

BOREHOLE #: **DB - 6**

PROJECT : Gunawangsa Apartment.

DATE OF TEST : 29 to 31 July 2017

GROUND WATER LEVEL : Not detected.

LOCATION : Jl. Veteran, Gresik.

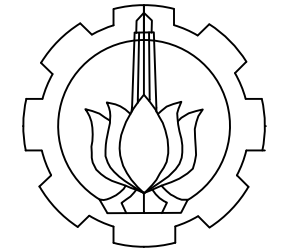
BORING DEPTH : 20.0 m

GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m.

DEPTH, m.	SOIL DESCRIPTION	PENETRATION TEST			STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS			γ	Gs	eo
		TYPE	C	qu	TYPE	C	qu	LL	PL	LI			
0													
1													
2	Clay and silt, light grey, inorganic, trace of fine sand, shales at some depth, stiff to		19		0.40	24		21	28	57	1.78	2.57	0.85
3			12										
4	Cemented clay, grey, contain cobble at some depth, hard consistency		17		1.30	17		14	25	40	1.85	2.65	0.79
5													
6	Clay and silt, light grey, inorganic, trace of fine sand, very stiff to hard consistency		42										
7													
8	Cemented clay, grey, contain cobble at some depth, hard consistency		29										
9													
10	Clay and silt, light grey, inorganic, trace of fine sand, very stiff to hard consistency		27										
11													
12	Cemented clay, grey, contain cobble at some depth, hard consistency		28										
13													
14	End of Boring		25										
15													
16			20										
17													
18													
19													
20			>50										

NOTE:

- 0 to 10 % = Trace
- 10 to 20 % = Little
- 20 to 35 % = Some
- 35 to 50 % = And
- = Fairly UDS
- ▨ = Undisturbed sample
- = Unconsolidated undrained
- = Consolidated undrained
- △ = Consolidated drained
- C = Cohesion intercept, kg/cm<sup>2</sup>
- φ = Internal friction angle, deg
- UU = Unconsolidated undrained
- CU = Consolidated undrained
- CD = Consolidated drained
- SPT = Standard penetration test (blows / ft)
- UCT = Unconfined compression strength, kg/cm<sup>2</sup>
- UCS = Point Load Test, kg/cm<sup>2</sup>
- Wn = Moisture content, %
- Wp = Plastic limit, %
- Wt = Liquid limit, %
- γ = Bulk density, t/m<sup>3</sup>
- Gs = Specific gravity
- eo = Void ratio



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 FAKULTAS VOKASI  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**PERENCANAAN PONDASI  
 PILE-RAFT PADA GEDUNG  
 APARTEMEN  
 GUNAWANGSA GRESIK**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA.  
 NIP 19501011 198203 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani S.T.,M.T.  
 NIP 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

**ILHAM PRADANA KUSUMA**  
 10111610013020

KETERANGAN

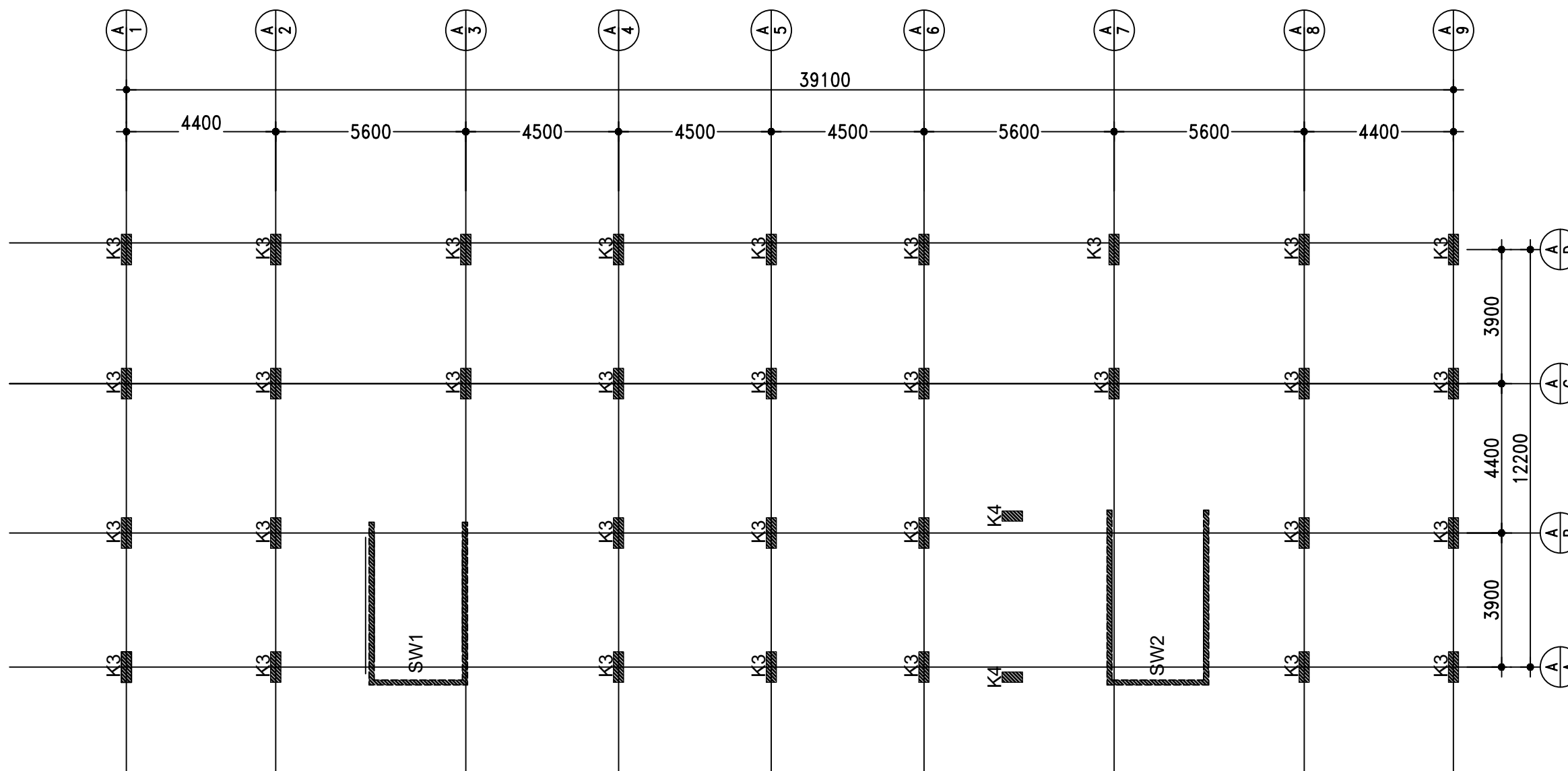
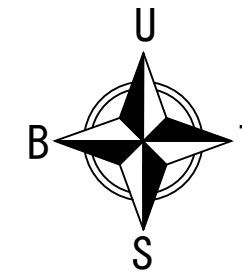
Fungsi Bangunan = Rumah Susun (Apartemen)  
 Jenis Pondasi = Pondasi Pile Raft

NAMA GAMBAR

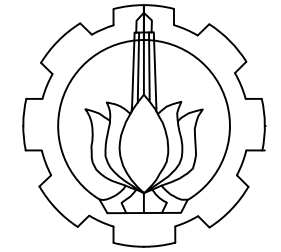
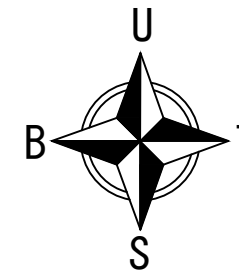
DENAH KOLOM

KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

STR	1	10
-----	---	----



**DENAH KOLOM**  
 SKALA 1:150



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 FAKULTAS VOKASI  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**PERENCANAAN PONDASI  
 PILE-RAFT PADA GEDUNG  
 APARTEMEN  
 GUNAWANGSA GRESIK**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA.  
 NIP 19501011 198203 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani S.T.,M.T.  
 NIP 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

ILHAM PRADANA KUSUMA  
 10111610013020

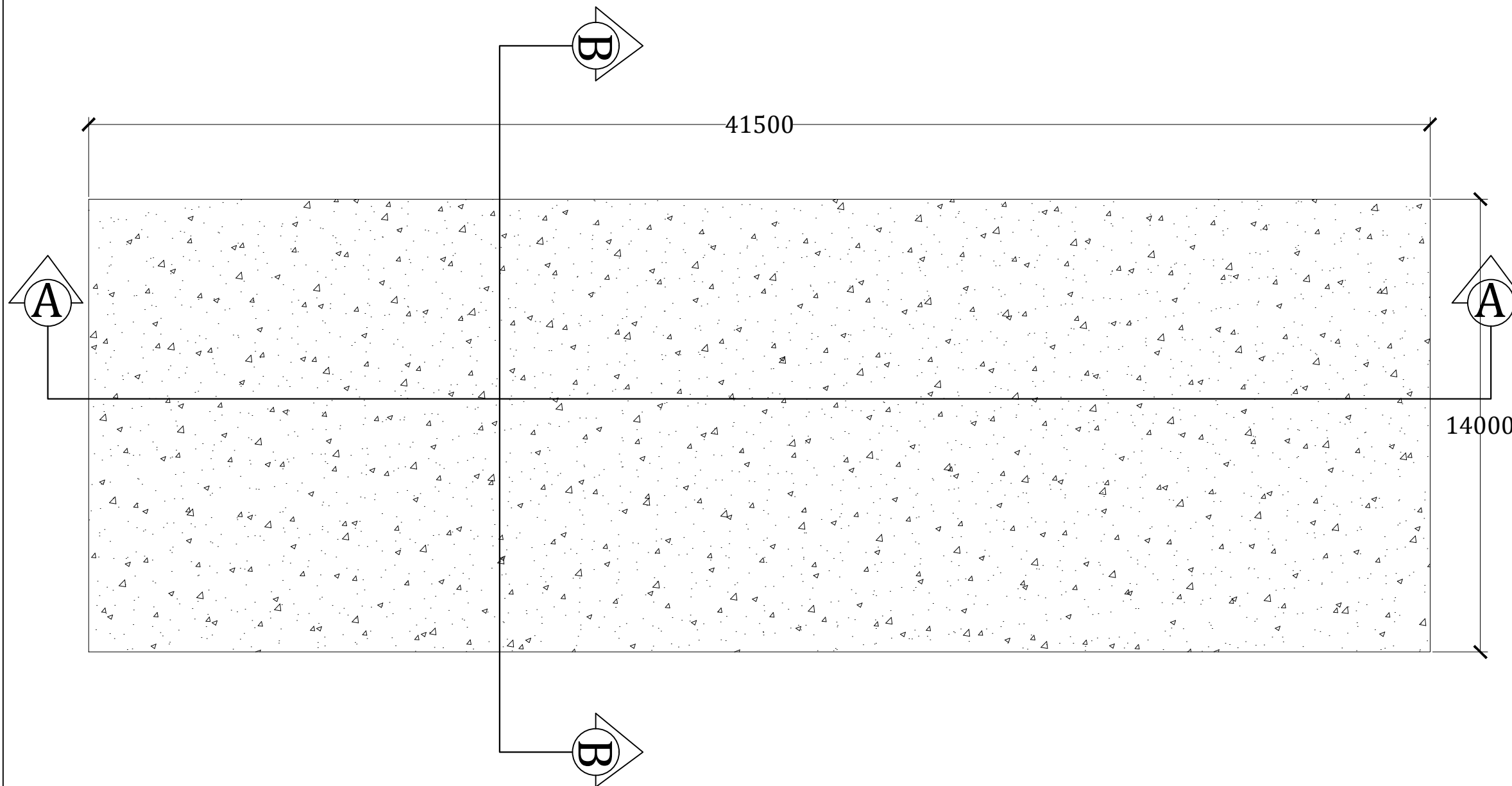
KETERANGAN

Fungsi Bangunan = Rumah Susun  
 (Apartemen)  
 Jenis Pondasi = Pondasi Pile Raft

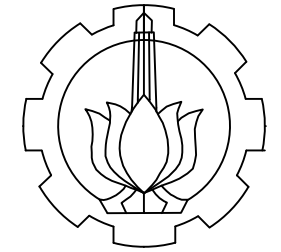
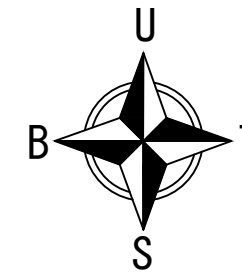
NAMA GAMBAR

PONDASI RAFT ELV.  
 -1.20

KODE	NO GBR	JML GBR
STR	2	10



 **PONDASI RAFT ELV. -1.20**  
 SKALA 1:150



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 FAKULTAS VOKASI  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**PERENCANAAN PONDASI  
 PILE-RAFT PADA GEDUNG  
 APARTEMEN  
 GUNAWANGSA GRESIK**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA.  
 NIP 19501011 198203 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani S.T.,M.T.  
 NIP 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

ILHAM PRADANA KUSUMA  
 10111610013020

KETERANGAN

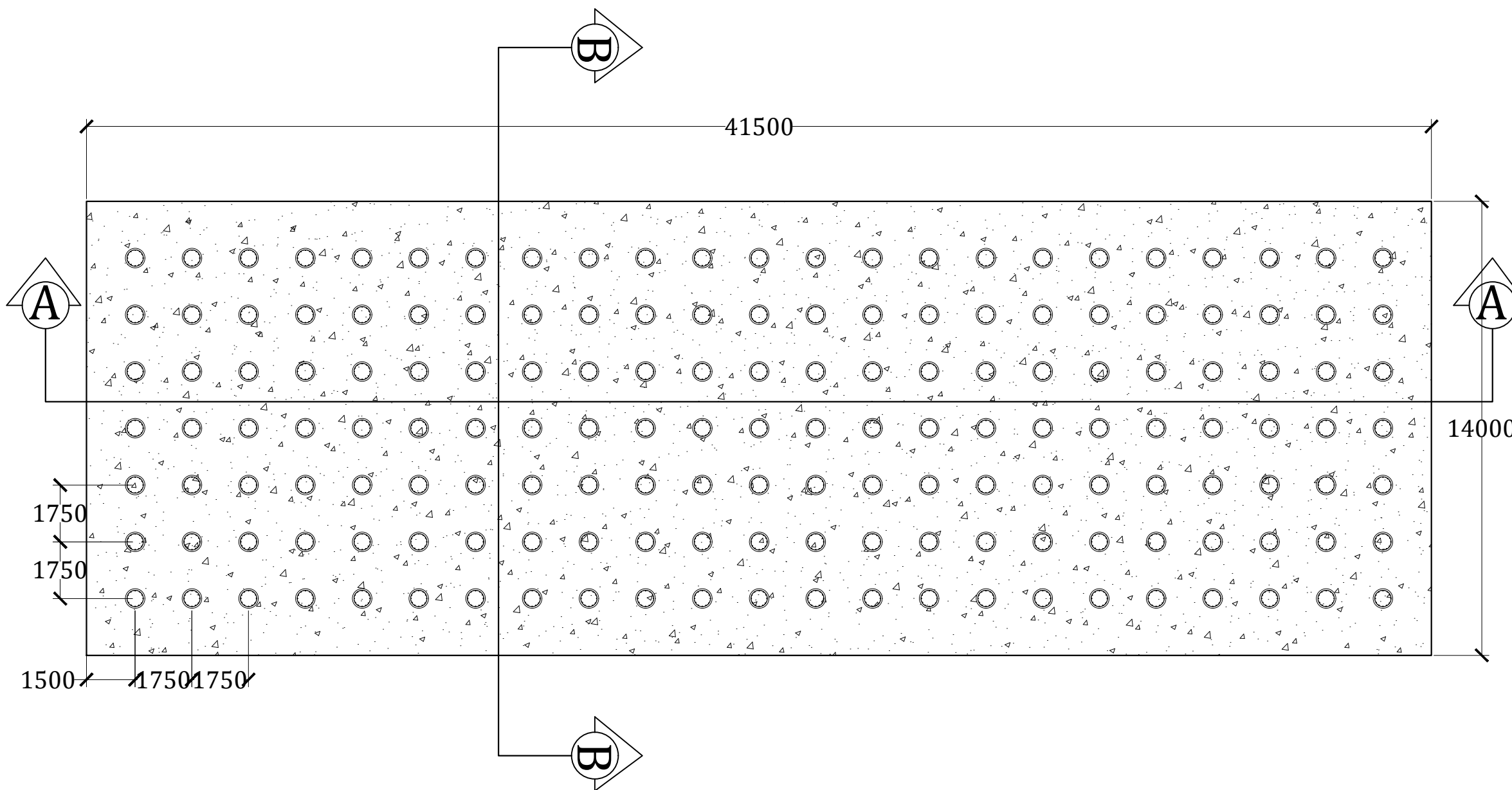
Fungsi Bangunan = Rumah Susun (Apartemen)  
 Jenis Pondasi = Pondasi Pile Raft

NAMA GAMBAR

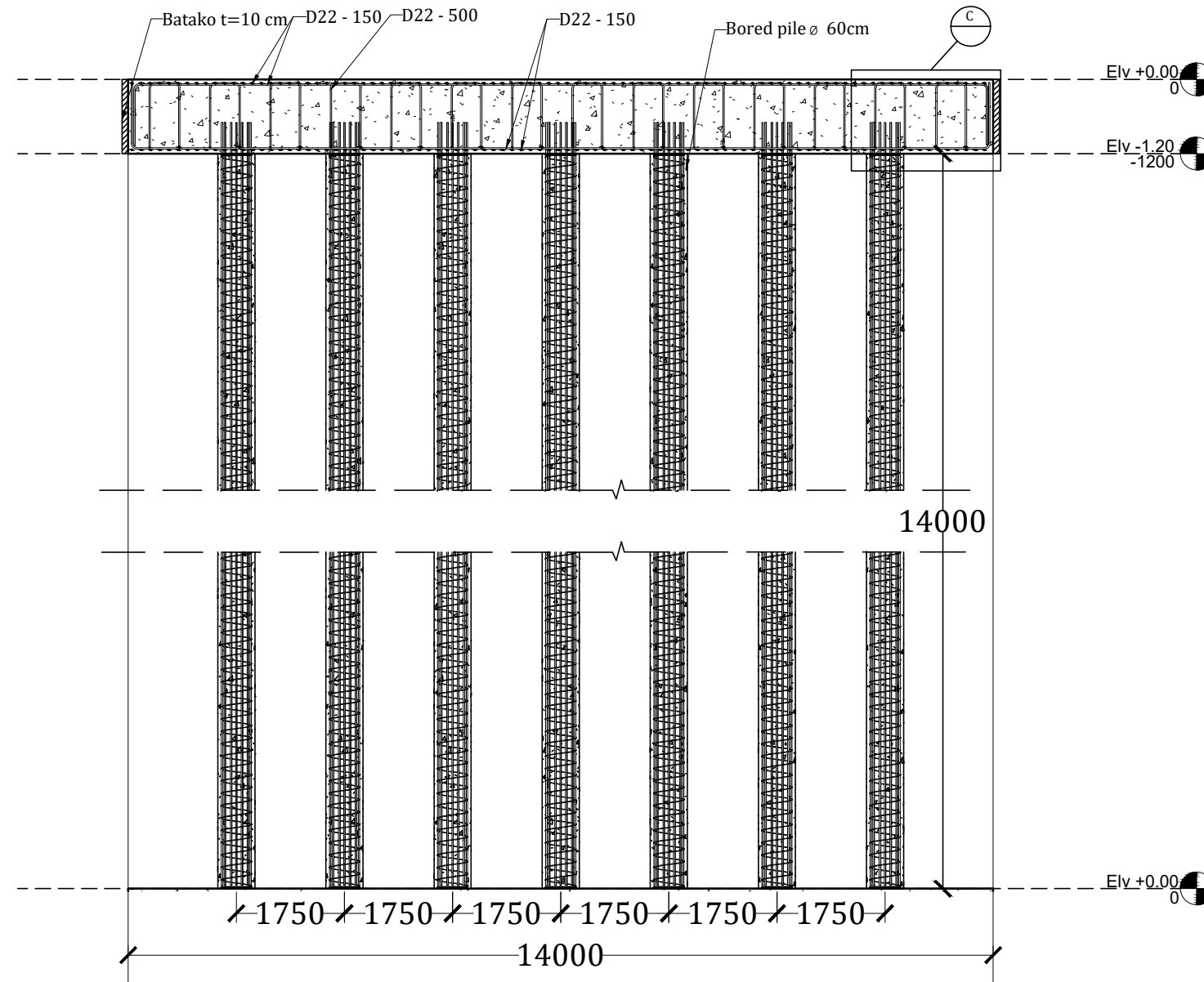
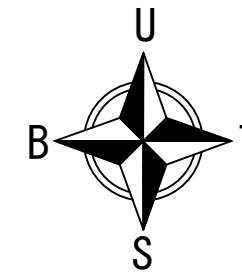
PONDASI RAFT ELV. -4.00

KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

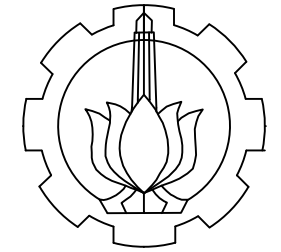
STR	3	10
-----	---	----



 **PONDASI RAFT ELV. -4.00**  
 SKALA 1:150



**POTONGAN B**  
SKALA 1:100



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**PERENCANAAN PONDASI  
PILE-RAFT PADA GEDUNG  
APARTEMEN  
GUNAWANGSA GRESIK**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA.  
NIP 19501011 198203 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani S.T.,M.T.  
NIP 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

ILHAM PRADANA KUSUMA  
10111610013020

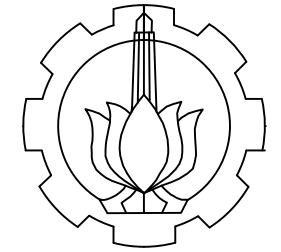
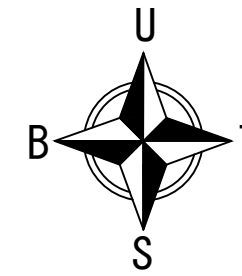
KETERANGAN

Fungsi Bangunan = Rumah Susun  
(Apartemen)  
Jenis Pondasi = Pondasi Pile Raft

NAMA GAMBAR

POTONGAN B

KODE	NO GBR	JML GBR
STR	4	10



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 FAKULTAS VOKASI  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**PERENCANAAN PONDASI  
 PILE-RAFT PADA GEDUNG  
 APARTEMEN  
 GUNAWANGSA GRESIK**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA.  
 NIP 19501011 198203 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani S.T.,M.T.  
 NIP 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

ILHAM PRADANA KUSUMA  
 10111610013020

KETERANGAN

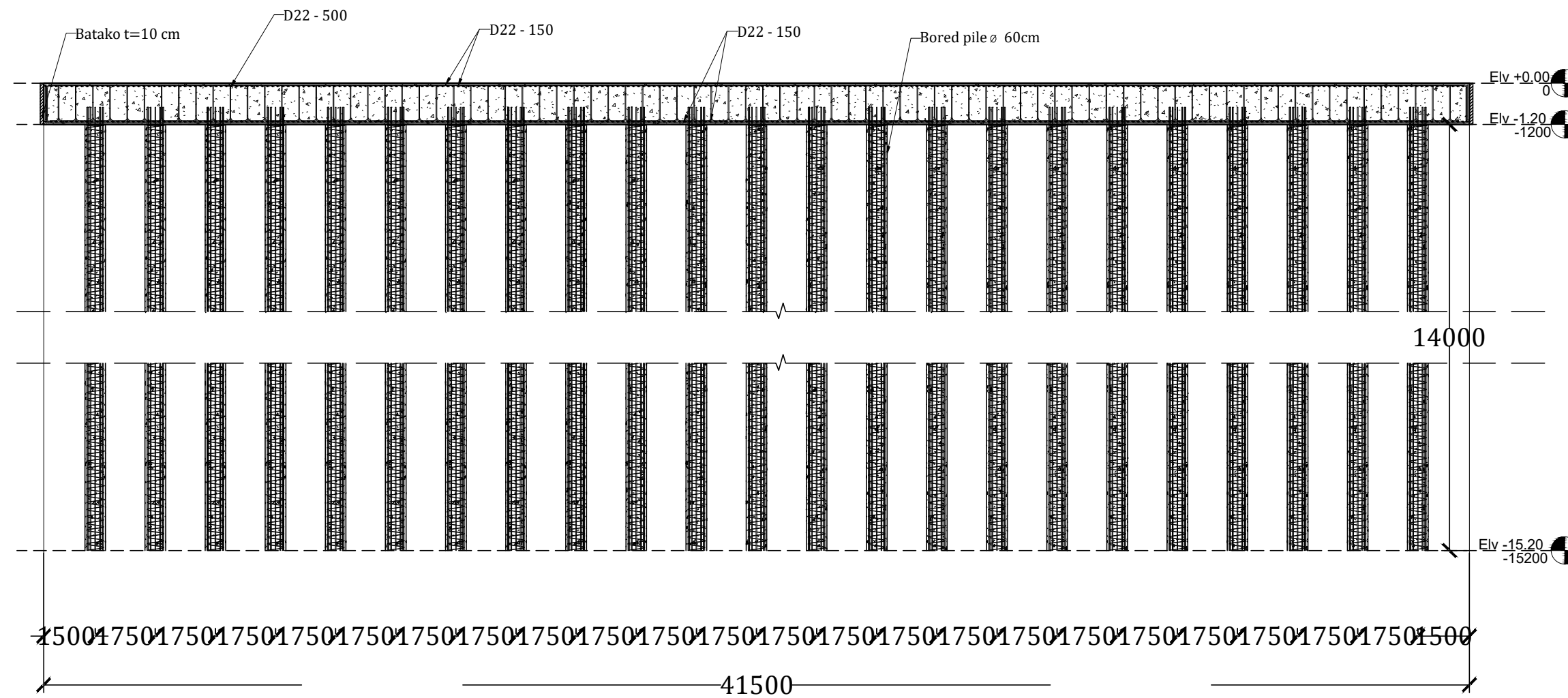
Fungsi Bangunan = Rumah Susun  
 (Apartemen)  
 Jenis Pondasi = Pondasi Pile Raft

NAMA GAMBAR

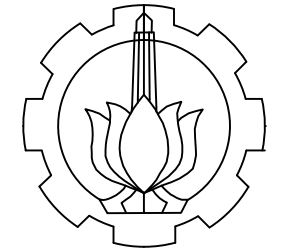
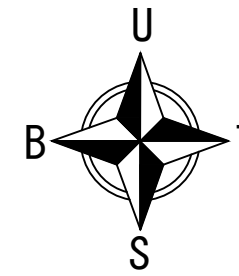
POTONGAN A

KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

STR	5	10
-----	---	----



 **POTONGAN A**  
 SKALA 1:150



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**PERENCANAAN PONDASI  
PILE-RAFT PADA GEDUNG  
APARTEMEN  
GUNAWANGSA GRESIK**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA.  
NIP 19501011 198203 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani S.T.,M.T.  
NIP 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

ILHAM PRADANA KUSUMA  
10111610013020

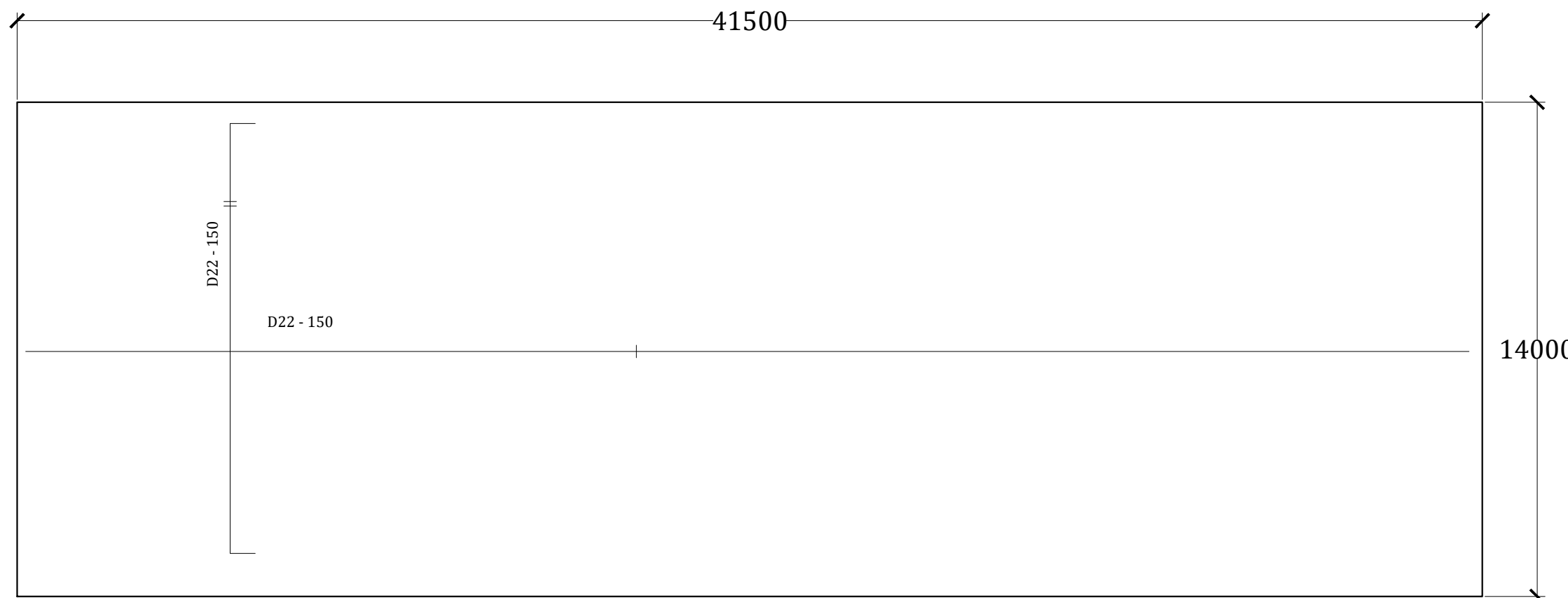
KETERANGAN

Fungsi Bangunan = Rumah Susun  
(Apartemen)  
Jenis Pondasi = Pondasi Pile Raft

NAMA GAMBAR

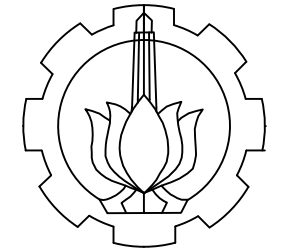
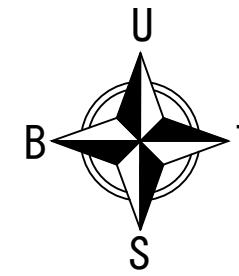
DENAH  
PENULANGAN RAFT  
ATAS

KODE	NO GBR	JML GBR
STR	6	10



 **DENAH RAFT PENULANGAN ATAS**  
SKALA 1:150





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**PERENCANAAN PONDASI  
PILE-RAFT PADA GEDUNG  
APARTEMEN  
GUNAWANGSA GRESIK**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA.  
NIP 19501011 198203 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani S.T.,M.T.  
NIP 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

ILHAM PRADANA KUSUMA  
10111610013020

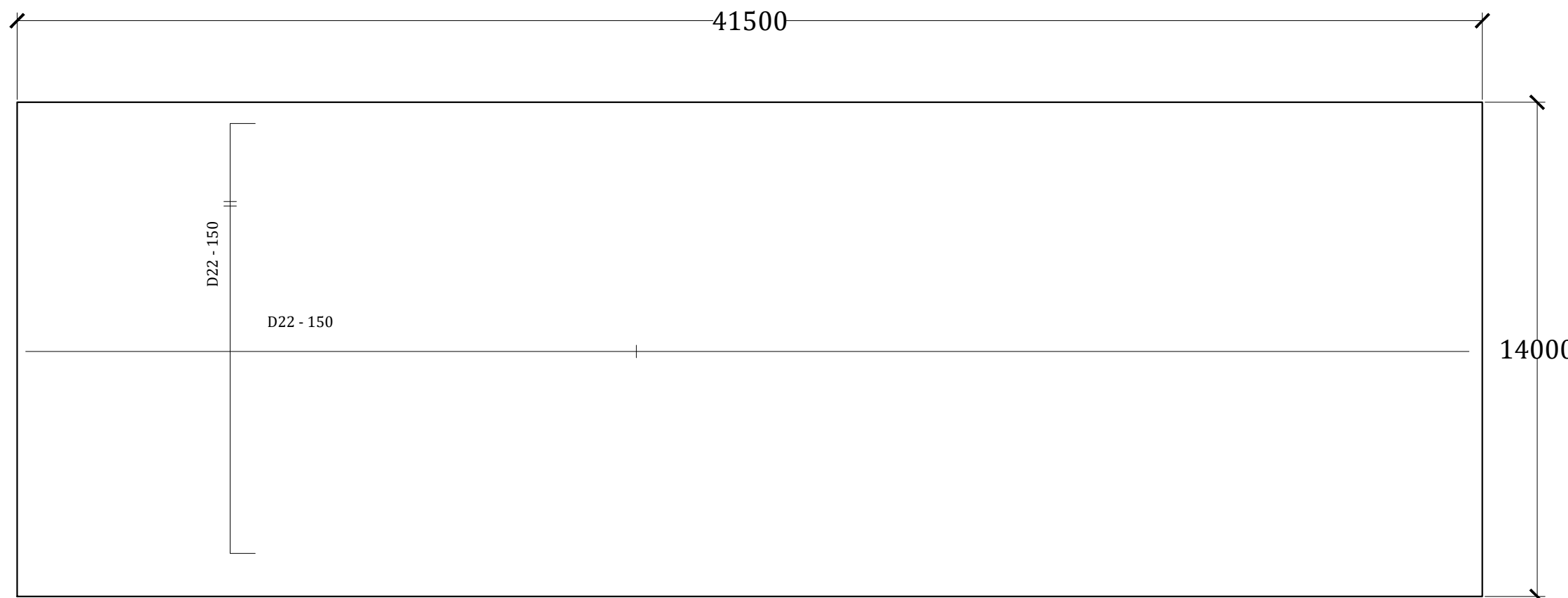
KETERANGAN

Fungsi Bangunan = Rumah Susun  
(Apartemen)  
Jenis Pondasi = Pondasi Pile Raft

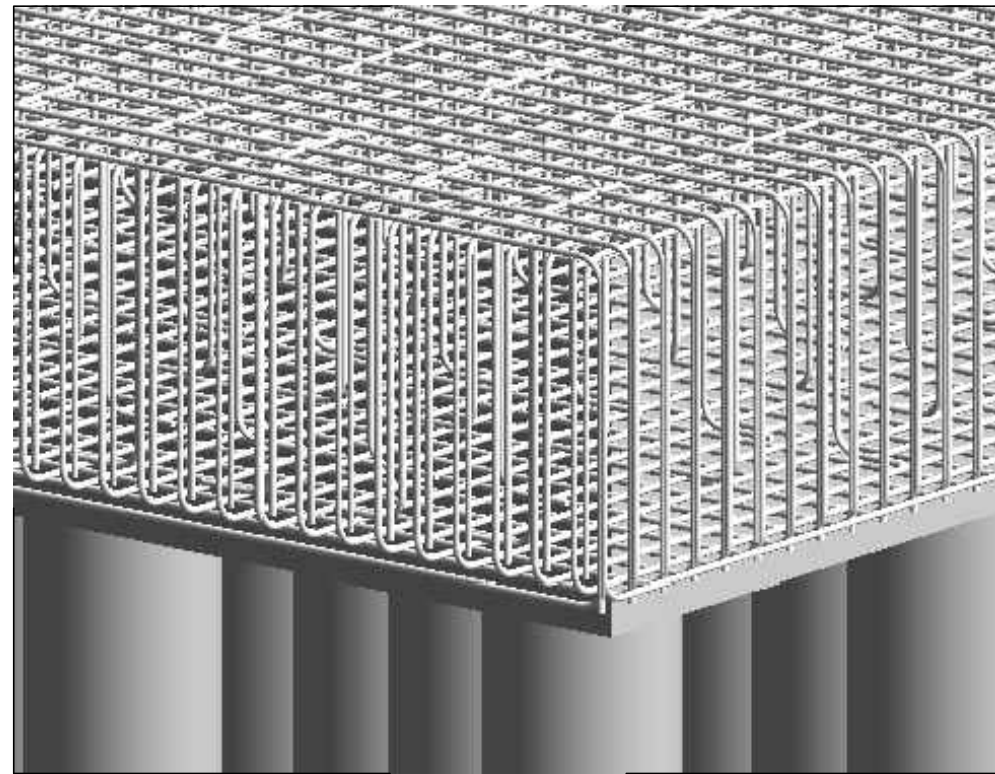
NAMA GAMBAR

DENAH  
PENULANGAN RAFT  
BAWAH

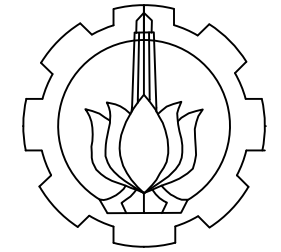
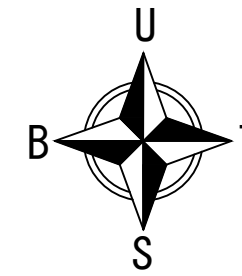
KODE	NO GBR	JML GBR
STR	7	10



 **DENAH RAFT PENULANGAN BAWAH**  
SKALA 1:150



3D DETAIL C



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 FAKULTAS VOKASI  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**PERENCANAAN PONDASI  
 PILE-RAFT PADA GEDUNG  
 APARTEMEN  
 GUNAWANGSA GRESIK**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA.  
 NIP 19501011 198203 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani S.T.,M.T.  
 NIP 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

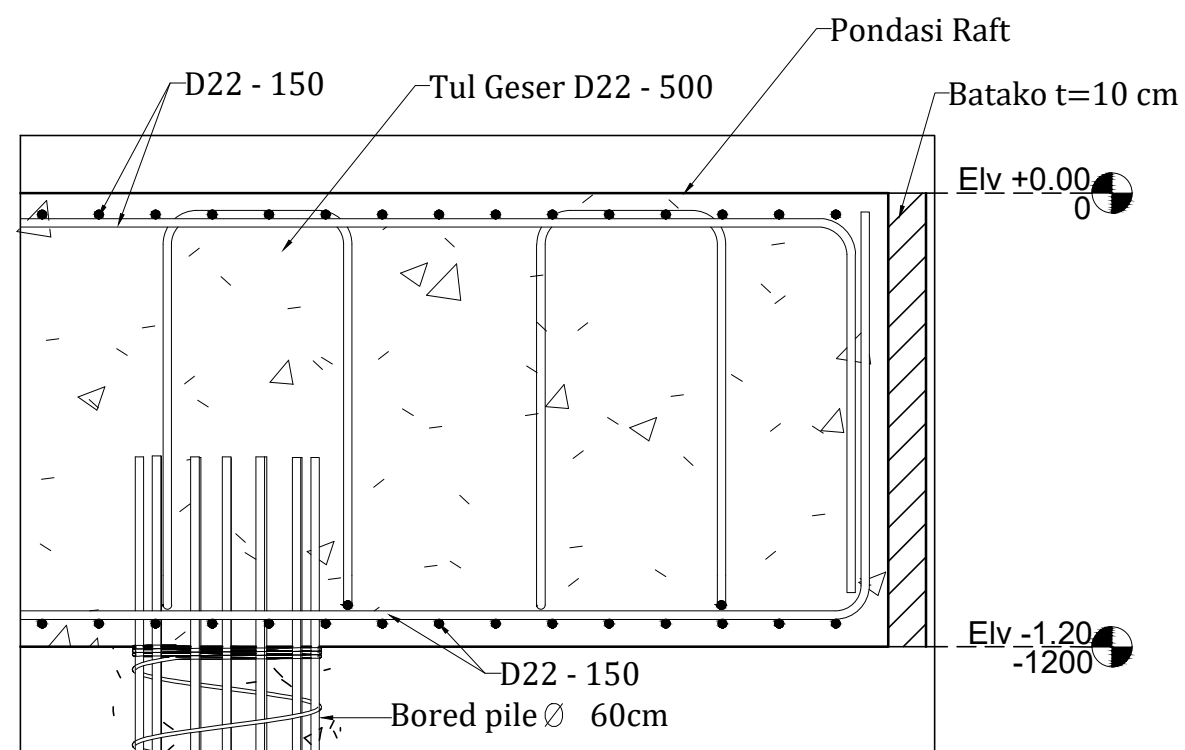
ILHAM PRADANA KUSUMA  
 10111610013020

KETERANGAN

Fungsi Bangunan = Rumah Susun (Apartemen)  
 Jenis Pondasi = Pondasi Pile Raft

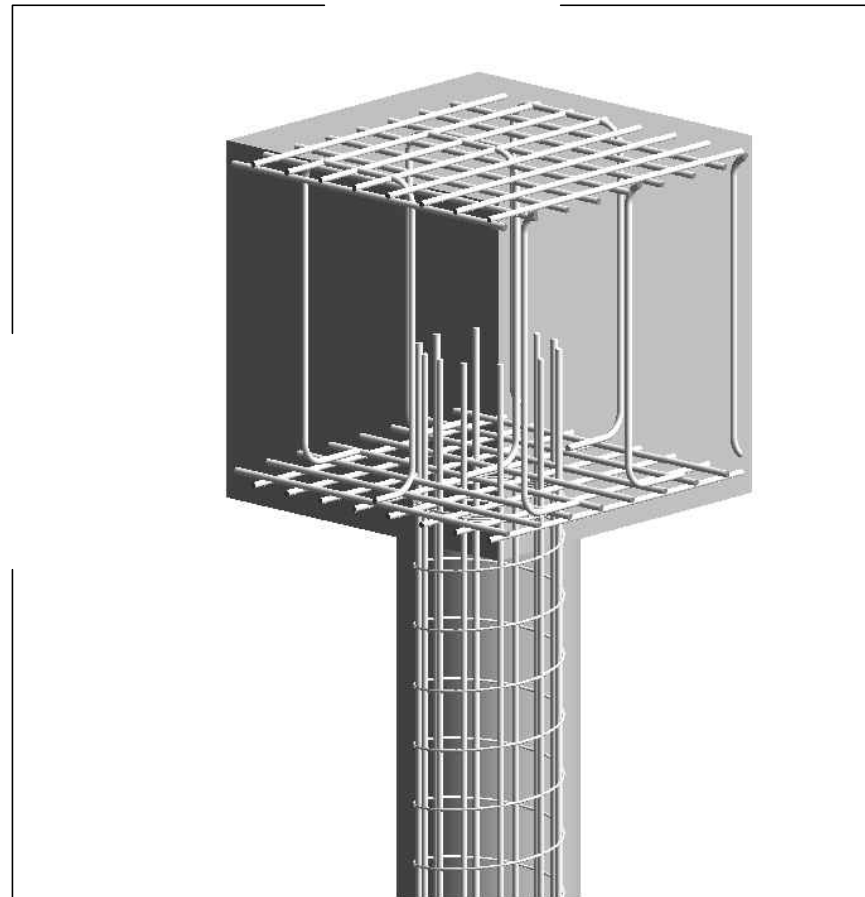
NAMA GAMBAR

DETAIL C

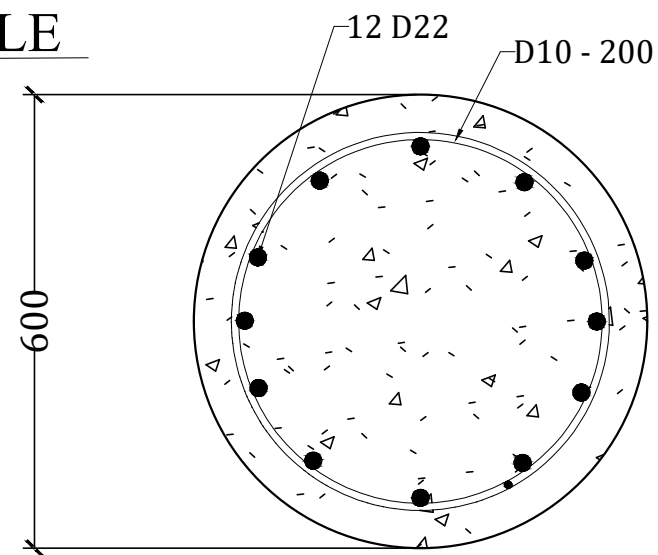


DETAIL C  
 SKALA 1:20

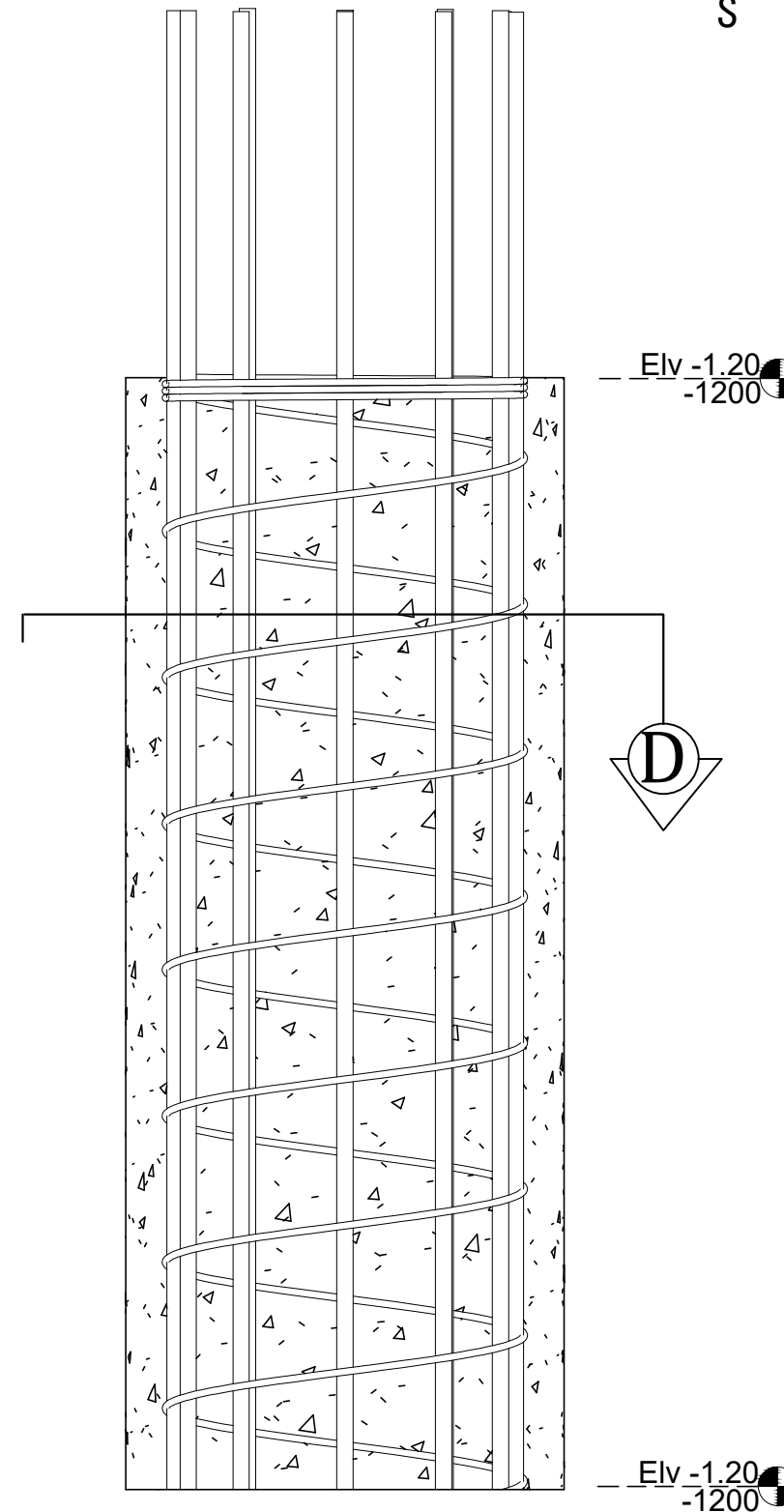
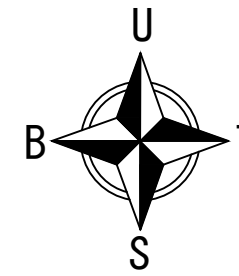
KODE	NO GBR	JML GBR
STR	8	10



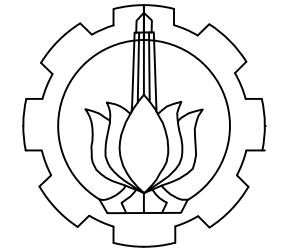
**3D BORED PILE**



**DETAIL D**  
SKALA 1:10



**DETAIL BORED PILE**  
SKALA 1:10



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**PERENCANAAN PONDASI  
PILE-RAFT PADA GEDUNG  
APARTEMEN  
GUNAWANGSA GRESIK**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA.  
NIP 19501011 198203 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani S.T.,M.T.  
NIP 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

**ILHAM PRADANA KUSUMA**  
10111610013020

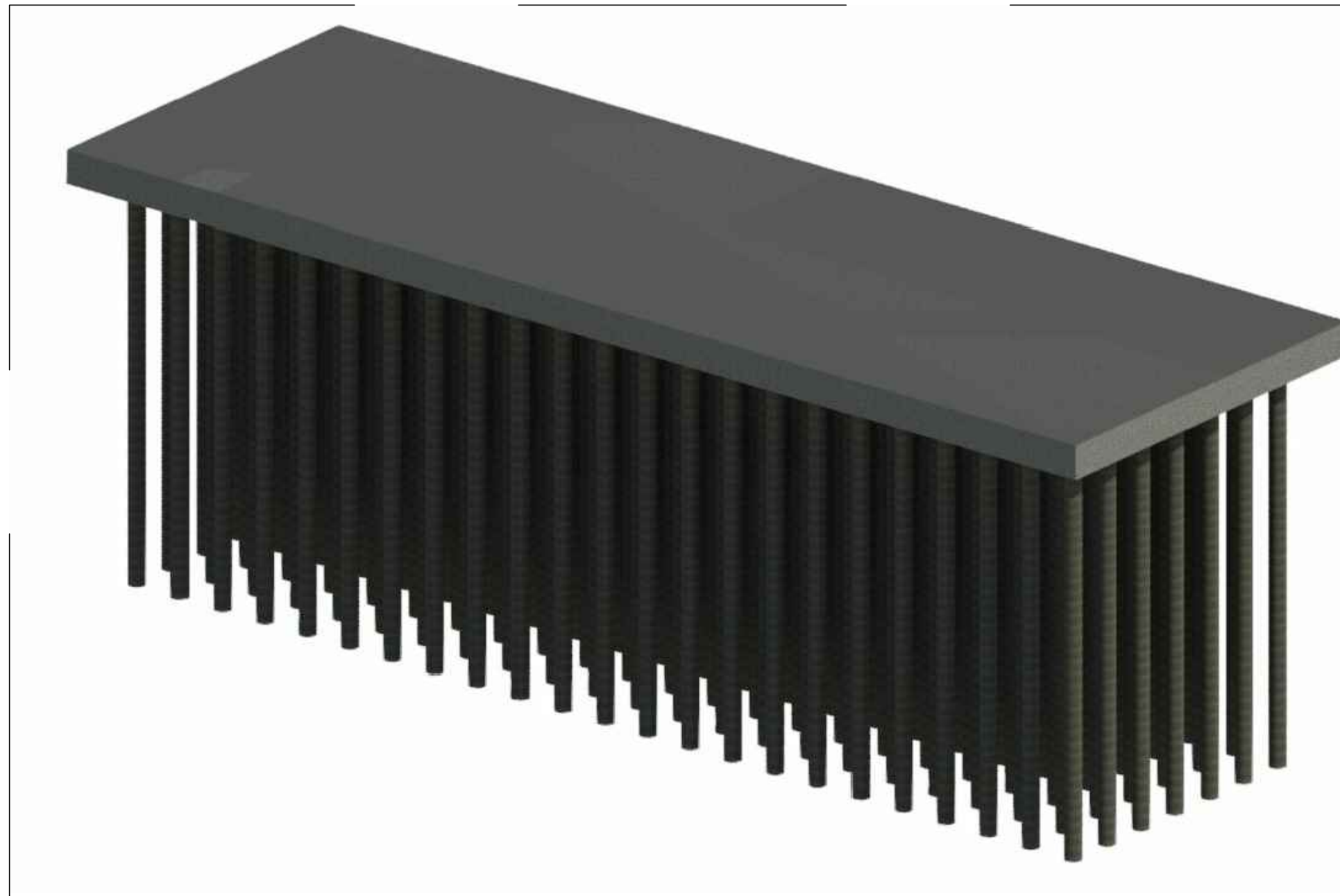
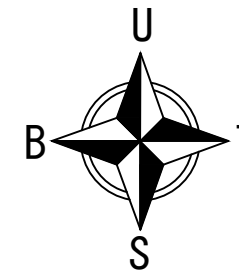
KETERANGAN

Fungsi Bangunan = Rumah Susun  
(Apartemen)  
Jenis Pondasi = Pondasi Pile Raft

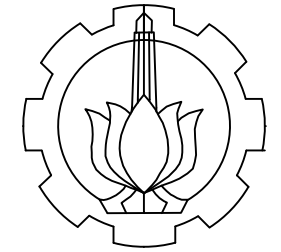
NAMA GAMBAR

**DETAIL BORED PILE**

KODE	NO GBR	JML GBR
STR	9	10



 3D PILED RAFT



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 FAKULTAS VOKASI  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

**PERENCANAAN PONDASI  
 PILE-RAFT PADA GEDUNG  
 APARTEMEN  
 GUNAWANGSA GRESIK**

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN I :

Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA.  
 NIP 19501011 198203 1 002

DOSEN II :

Afif Navir Refani S.T.,M.T.  
 NIP 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

ILHAM PRADANA KUSUMA  
 10111610013020

KETERANGAN

Fungsi Bangunan = Rumah Susun  
 (Apartemen)  
 Jenis Pondasi = Pondasi Pile Raft

NAMA GAMBAR

3D PILED RAFT

KODE	NO GBR	JML GBR
STR	10	10